

**OBTENCIÓN DE CRUZAS SIMPLES DE MAÍZ PARA GRANO Y
FORRAJE EN LA COMARCA LAGUNERA
MÉXICO**

RAÚL WONG ROMERO

**T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**

Asesor Principal: Dr. Emiliano Gutiérrez del Río

**Torreón, Coahuila, México
Diciembre de 2006**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**OBTENCIÓN DE CRUZAS SIMPLES DE MAÍZ PARA GRANO Y
FORRAJE EN LA COMARCA LAGUNERA**

TESIS

RAÚL WONG ROMERO

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada
como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal

Dr. Emiliano Gutiérrez del Río

Asesor

Dr. Arturo Palomo Gil

Asesor

Dr. Sergio Rodríguez Herrera

Asesor

Dr. Armando Espinoza Banda

Asesor

Dr. Hugo Córdova Orellana

Dr. Jerónimo Landeros Flores.
Subdirector de Postgrado

M. C. Gerardo Arellano Rodríguez.
Jefe del Departamento de Postgrado

Torreón, Coahuila, Diciembre de 2006.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por permitirme terminar satisfactoriamente esta etapa de mi vida, porque nada sucede sin su voluntad.

A mi “**Alma Terra Mater**”. La Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” a donde regreso, después de muchos años de ausencia, esperando haber sido de provecho durante mi estancia y al egresar, con más conocimientos, motivación, experiencia, mejores planes y con los cambios internos realizados dentro de mí, ser de provecho para el desarrollo de México.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**), por el apoyo económico brindado para el desarrollo de mi programa doctoral.

A mis **asesores**: Dr. Emiliano Gutiérrez del Río, Dr. Arturo Palomo Gil, Dr. Sergio Rodríguez Herrera, Dr. Armando Espinoza Banda y Dr. Hugo Córdova Orellana, por sus consejos, dirección, aportaciones, por su valioso tiempo y dedicación para el desarrollo del presente trabajo.

A mis maestros por brindarme sin restricción sus conocimientos y desinteresada amistad. A todos mis amigos, algunos viejos amigos, otros quienes recientemente me brindaron su amistad, a quienes no enlisto por su nombre para no cometer la gran equivocación de dejar de nombrar a alguno.

Al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (**CIMMYT**).

Este Trabajo de tesis, incluye germoplasma del CIMMYT y asesoramiento del Dr. Hugo Córdova Orellana, científico principal de dicha Institución, y se desarrolló dentro del marco del convenio UAAAN-CIMMYT. Así como al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (**INIFAP**)

DEDICATORIA

A mi familia:

Mi esposa **Ma. Elena Maa Reyna,**

El deleite de mis ojos
El gozo de mi corazón

Mis hijas **Claudia Daniela**

Lynn

Kim

Regalos de Dios
Luz de mi vida

A mi madre **Olga A. Romero Rivas**

A mi padre **Raúl Wong Ornelas**

Quienes supieron encausar mi vida
Con amor, respeto, bondad, comprensión y dirección.

COMPENDIO

OBTENCIÓN DE CRUZAS SIMPLES DE MAÍZ PARA GRANO Y FORRAJE EN LA COMARCA LAGUNERA MÉXICO

POR

RAÚL WONG ROMERO

DOCTORADO EN CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

Unidad Laguna

Torreón, Coahuila. Diciembre de 2006

En La Comarca Lagunera se siembra anualmente 24,000 has de maíz forrajero y 15,000 has de maíz de grano, con promedio de rendimiento de 42,000 t ha⁻¹ de forraje verde y 3.3 t ha⁻¹ de grano. Dada la importancia del cultivo, el objetivo de este trabajo fue determinar la aptitud combinatoria general (ACG) de líneas autofecundadas y aptitud combinatoria específica (ACE) de las cruzas, los parámetros genéticos y las correlaciones entre las características evaluadas y los parámetros genéticos estimados, para formar híbridos de maíz de grano y forraje adaptados a las condiciones climáticas de La Comarca Lagunera. Para tal fin en la primavera del 2004 se formaron dos grupos de 10 líneas provenientes de la UAAAN-UL, de INIFAP y del CIMMYT, un grupo se utilizó como macho y el otro como hembra para formar 100 cruzas simples directas posibles, también fueron usadas como probadores machos líneas puras de maíz de distinto origen, dos de la UAAAN-UL, una del INIFAP y tres

del CIMMyT, y como hembras 14 híbridos de maíz comerciales de diversas compañías semilleras, bajo el diseño de apareamiento genético de Carolina del Norte II. Además se realizaron 45 cruzas directas posibles entre 10 líneas, cuya estimación de los parámetros genéticos fue mediante el diseño dialélico IV de Griffing, todas se evaluaron con un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. La densidad poblacional fue de 85,000 plantas ha⁻¹. Las características medidas fueron rendimiento de mazorca (RMZ) y rendimiento de grano (RG), diámetro de mazorca (DMZ), diámetro de olote (DOL), longitud de mazorca (LMZ), número de hileras por mazorca (NHMZ), número de granos por hilera (NGH) y peso de mil granos (PMG). Además producción de forraje verde (PFV), producción de materia seca (PMS), producción de elote total (PET), producción de elote (PE), producción de totomoxtle (PTO), producción de tallo y espiga (PTA), producción de vainas de las hojas (PVA) y producción de hojas (PHO); Las líneas macho 1 y la hembra 12 presentaron la mayor ACG y los rendimientos más altos de RMZ y RG. Las cruzas 3x20, 7x14, 5x17, 1x16 y 2x11 tuvieron los mejores valores de ACE para los principales componentes de rendimiento evaluados; para la craza 1x16 el rendimiento depende del NGH y PMG, aportado por el M1 y la H16 respectivamente, mientras que para la craza 5x17 la LMZ y NGH, aportado por el M5 y la H17 respectivamente, cuya interacción se expresa en la ACE. Por último, el rendimiento de grano de la craza 6x12 depende principalmente por el NHMZ proveniente del M6 y el PMG aportado por la H12, se considera que algunos componentes de rendimiento influyen en el rendimiento más que otros por el origen diverso de las líneas usadas. Las varianzas de dominancia (σ^2_D) fueron superiores a las aditivas

(σ^2_A) reflejándose en el grado de dominancia (d). La craza 3x20 fue la que obtuvo los valores más altos de heterosis para RMZ y RG, tanto con relación al progenitor medio (h) como al mejor progenitor (h'). Sobresalen para ACG los progenitores macho AN-360PV y B-40, y como hembras los híbridos comerciales Venado, Potro, DK 2000 y Cronos, mientras que para la aptitud combinatoria específica (ACE) los valores más altos fueron para las nuevas cruzas (B40 x DK2000), (AN123R x Poseidón), (AN123R x Venado), (CML316 x Puma) y (CML316 x P3025). Al estimar los parámetros genéticos, la varianza de dominancia superó a la varianza aditiva en una magnitud considerable, a excepción de PMG, que resultó a la inversa, estos valores fueron reflejados en el porcentaje bajo de heredabilidad, excepto para DOL.

Palabras clave: Aptitud combinatoria, líneas autofecundadas, cruzas simples, híbridos intervarietales

ABSTRACT

SINGLES CROSSES OF GRAIN AND FORAGE MAIZE AT LA COMARCA
LAGUNERA, MÉXICO

By

RAÚL WONG ROMERO

DOCTORADO EN CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

Unidad Laguna

Torreón, Coahuila. Diciembre 2006

In La Comarca Lagunera, 24,000 ha of forage corn and 15,000 ha. of grain corn grow each year, with 42 t ha⁻¹ of forage yield and 3.3 t ha⁻¹ of grain production. The objective of this work was to estimate the general combining ability (GCA) of the inbred lines, and the specific combining ability (ECA) of single crosses, the genetic parameters and correlations between traits and genetic parameters additionally to make single crosses of grain and forage, adapted to La Comarca Lagunera, environment. In the 2004 spring season, two groups of ten inbred lines were formed with lines of UAAAN-UL, INIFAP and CIMMYT; one group was used as male and the other as female and 100 possible direct single crosses were performed, another set of crosses was performed using six Inbred lines as tester including different origin (two from

UAAAN-UL, one from INIFAP and three from CIMMYT), was used as male and 14 commercial corn hybrid from seed industry were used as female parents included in a 6 x 14 North Carolina designs II. Furthermore 45 single crosses between 10 inbred lines whose genetic parameters estimation were with method IV Griffing's diallelic design. The crosses were evaluated in a complete randomized block design with two replications. Population density was 85,000 plants ha⁻¹. The traits evaluated were: ear yield (RMZ), grain yield (RG), ear diameter (DMZ), cob diameter (DOL), ear length (LMZ), number of rows by ear (NHMZ), number of grains per row (NGPH) and weight of a thousand grains (PMG) and fresh mater production (PFV), dry mater (PMS), ear and husk (PET), ear (PE), husk (PTO), stalk (PTA), leaf sheath (PVA) and leaf (PHO). Male 1 and female 12 inbred lines present the highest value for GCA yield RMZ and RG. The 3x20, 7x14, 5x17, 1x16 and 2x11 single crosses had the highest values of SCA for the main yield components, yield of 1x16 cross was influenced by NGH and PMG from M12 and H16 respectively, while in cross 5x17 yield is based in LMZ and NGH from M5 and H17 respectively and is expressed by his SCA. At least, the 6x12 grain yield depends highly of NHMZ and PMG from M6 and H12 respectively. Some yield components have more influence than others due to the genetic diversity from the used lines. Dominance variance (σ^2_D) showed largest estimates than additive variance (σ^2_A) reflected by dominance degree (d) estimate, cross 3x20 showed the highest heterosis values for RMZ and RG in relation to the main parent (h) and the best parent (h') values, male lines AN360PV and B40 and female commercial hybrids Venado, Potro, DK2002 and Cronos, were found to be outstanding for (GCA).

As for specific combining ability (SCA), new crosses (B40 x DK2000), (AN123R x Poseidón), (AN123R x Venado), (CML316 x Puma) and (CML316 x P3025) showed the highest SCA estimates. Once genetic parameters were estimated, dominance variance is more important than additive variance by a considerable margin, exception was the weight of one thousand grains, which behaved the other way around. These values were reflected on the low inheritance percentages, except for DOL.

Key words: combining ability, inbred lines, single crosses, varietals crosses

INDICE	Página
AGRADECIMIENTO	iii
COMPENDIO.....	v
ABSTRACT.....	viii
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
DISEÑOS GENÉTICOS.....	8
APTITUD COMBINATORIA.....	11
HEREDABILIDAD.....	13
HETEROSIS.....	15
FORRAJE.....	15
MATERIA SECA	17
ARTÍCULO I.....	18
ARTÍCULO II.....	41
ARTÍCULO III.....	59
ARTÍCULO IV	82
PROPUESTA DE AGRONEGOCIO	102
LITERATURA CITADA	116
APÉNDICE.....	122

Anexo 1. Carta de recepción de la Revista FITOTECNIA MEXICANA Art. I

Anexo 2. Carta de recepción de la Revista AGR. TEC. DE MEXICO Art. II

Anexo 3. Carta de recepción de la Revista FITOTECNIA MEXICANA Art. III

Anexo 4. Carta recepción de la Revista UNIVERSIDAD Y CIENCIA Art. IV

INTRODUCCIÓN

En los años 80's del siglo pasado el maíz ocupó el tercer lugar mundial alimentario, alcanzando una producción anual superior a los 500 millones de toneladas. EEUU encabeza la lista de países productores, con el 38% de la producción, seguido de China (21%), Brasil (7%), y México (3%), según FAO (2001) a principios de este siglo el maíz ocupó el primer lugar en la producción mundial (609'181,620 t) superando al arroz (592'831,326 t) y al trigo (582'691,612 t). Duvick y Cassman (1999), indican que la demanda global de maíz se incrementará de 526 a 748 millones de toneladas del año 1993 al 2020. Borlaug (1999), hace un pronóstico para el incremento de la población mundial y dice, que de los 6,200 millones de gentes en al año 2000, se crecerá a 8,300 millones en el año 2025, a 10,000 millones en el año 2045 y que se espera que se establezca la población en 11,000 ó 12,000 millones hacia el final del siglo XXI.

El rendimiento nacional del maíz de grano por unidad de superficie actualmente es de 2.7 t ha⁻¹ mientras que en algunas regiones de la república como en Jalisco y Valles Altos de 6.0 t ha⁻¹, Guanajuato e Hidalgo de 8.0 t ha⁻¹, en Sinaloa 8.9 t ha⁻¹, y en La Comarca Lagunera de 3.3 t ha⁻¹, mientras que el rendimiento potencial a nivel experimental en La Comarca Lagunera es de 13 t ha⁻¹ (Reta, *et. al.*1998). En esta región se siembran 15,000 has de maíz de grano, además a nivel nacional, es una de las cuencas lecheras más

importantes donde se producen 24,000 has de maíz forrajero (SAGARPA, 2005), con una producción promedio por hectárea de 51 toneladas de forraje fresco y 15 toneladas de forraje seco (Reta, *et al.* 2002), más del 90% se siembra con híbridos comerciales para grano de compañías multinacionales desarrollados para otras regiones del país; por lo general, se considera que los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje (Peña *et al.*,2003), por lo que un alto porcentaje de mazorca o un alto índice de cosecha favorecen los incrementos en la calidad del forraje. En los últimos 10 años de evaluación de maíces forrajeros, se han incluido 152 híbridos diferentes, de los cuales se han identificado materiales con buenas características de rendimiento y calidad forrajera, que los productores pueden seleccionar con la certeza de obtener un ensilado de alta calidad (Faz *et al.* 2005). Sin embargo, durante el proceso de la selección es importante considerar, no solo los efectos lineales del genotipo y el ambiente, sino también las interacciones del genotipo por el ambiente ya que este tipo de interacción puede afectar la eficacia de la selección debido a problemas de adaptación, lo que implica la necesidad de desarrollar programas de mejoramiento específicos para cada ambiente en particular. Peña *et al.* (2004), comentan que ninguno de los híbridos de maíz usados para la producción de forraje en México han sido desarrollados en programas de mejoramiento genético para aumentar la producción y la calidad del forraje, sino que fueron seleccionados para rendimiento de grano, Clark *et al.* (2002), reportan que ganado lechero alimentado con híbridos de maíz seleccionados para forraje, rindieron mas leche, con mayor contenido de proteína y que el consumo de materia seca fue

mayor que el alimentado con maíz normal, por tanto, es necesario implementar programas agresivos de formación y producción de híbridos de maíz forrajero a corto plazo que cumplan con las expectativas de calidad, producción y adaptación para el Norte de México en donde se encuentra ubicada La Comarca Lagunera.

El rendimiento de grano del maíz en EEUU se ha incrementado de un 40-50% por el cambio a mejores prácticas de manejo como el incremento de fertilizante nitrogenado y altas densidades de población, y de un 50-60% por el mejoramiento genético como cambio en la arquitectura de la planta, menor altura de planta, posición de hojas erectas, resistencia acame, etc. (Duvick, 1992; Russell, 1991), y a la respuesta a cambios ambientales como a mayor adaptación y tolerancia de los híbridos a las condiciones de estrés (Tollenaar y Wu, 1999), quienes además comentan que en Europa se han dado cambios de magnitud similar a los de EEUU.

El mejoramiento genético es un proceso continuo y constante en la formación de nuevas variedades e híbridos comerciales. El conocimiento de los diversos tipos de acción génica y la importancia de éstos en la determinación de caracteres de interés, es básico para lograr avances rápidos en un programa de mejoramiento genético. Para conocer la acción génica de caracteres cuantitativos, que permiten determinar la aptitud combinatoria de los padres, seleccionar los mejores progenitores y diseñar los métodos de mejoramiento

más eficientes, se han desarrollado sistemas de apareamiento o diseños genéticos (Comstock y Robinson, 1948 y Griffing, 1956).

El objetivo del presente trabajo fue determinar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de los padres y la aptitud combinatoria específica (ACE) para las mejores cruzas, así como su caracterización, considerando la estimación de los componentes genéticos de algunos rasgos agronómicos, y sus correlaciones fenotípicas y genéticas, para rendimiento y sus componentes, que sirvan para identificar híbridos simples de maíz para producción de grano, así como evaluar el comportamiento agronómico, la producción de forraje verde y materia seca de híbridos simples formados con líneas sobresalientes a partir de las líneas élite del programa de mejoramiento genético de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), y del Centro de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

REVISIÓN DE LITERATURA

La hibridación como método de mejoramiento de plantas, se entiende como el aprovechamiento de la generación F1 proveniente del cruzamiento entre dos poblaciones P1 y P2 (poblaciones paternas o líneas puras). Las poblaciones pueden ser líneas endogámicas, variedades de polinización libre, criollos, variedades sintéticas o las mismas poblaciones F1 o híbridos (Márquez, 1988; Chávez, 1995). Eastmont y Robert (1992), mencionan que el fitomejoramiento es y seguirá siendo la herramienta más importante para mantener una elevada productividad, mientras que, Hallauer y Eberhart (1976), consideran muy importante utilizar los métodos de selección recurrente para mejorar una población original y obtener líneas sobresalientes, híbridos y variedades sintéticas de manera continua. Hallauer (1973), apunta que hay dos fases distintas pero igualmente importantes, en el avance genético sistemático de un programa de mejoramiento de maíz: 1) El desarrollo y mejoramiento de poblaciones básicas y 2) El desarrollo de métodos eficientes de extracción de líneas y la identificación de nuevos híbridos de las poblaciones mejoradas.

La hibridación es un método de mejoramiento genético utilizado con mayor eficiencia en la producción de maíz, ya que los resultados reflejan un incremento marcado en productividad sobre los niveles de rendimiento de las variedades de polinización libre, debido a que se explota directamente el fenómeno del vigor híbrido o heterosis. Márquez (1988), define a la hibridación como un método genotécnico en las plantas, que es el aprovechamiento de la

generación F_1 proveniente del cruzamiento entre dos poblaciones cualesquiera de la misma especie y por lo tanto, pueden tener la estructura genotípica según los objetivos que se persigan, en la utilización comercial de la generación F_1 , o bien, para su aprovechamiento como paso inicial o intermedio en la relación de algún otro método genotécnico. Se han realizado investigaciones para conocer la diversidad y heterosis entre híbridos comerciales para grano (Morales, *et al.* 2002), y también para forraje (Espinoza, *et al.* 2002 y Gutiérrez *et al.* 2004), así como entre híbridos comerciales y poblaciones exóticas (De la Cruz, *et al.* 2003 y Ron, 2000). Oyervides, *et al.* (1985), comentan que una fuente importante de variabilidad es el uso de material exótico o inadaptado introducido al programa de mejoramiento local y que la variabilidad genética es esencial para un programa continuo de mejoramiento genético de cualquier especie cultivada, este autor, al trabajar con poblaciones del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) de México y poblaciones de la faja maicera de EE UU, encuentra que las poblaciones mejoradas de la faja maicera tienen mayor potencial para aportar a los programas de mejoramiento genético que se encuentran en México, en comparación con las poblaciones mejoradas Mexicanas a los programas de mejoramiento genético de la faja maicera de los EE UU, mientras que Morales *et al.* (2002), comentan que es necesario incrementar la diversidad genética en los programas locales de mejoramiento para lo cual realizó un estudio para determinar la diversidad y la heterosis de híbridos comerciales adaptados a Jalisco, De la Cruz *et al.* (2003), mencionan como una posibilidad la utilización de híbridos no convencionales, formados a partir de criollos cruzados con algún híbrido que le mejore las características

agronómicas y eleve su productividad. Vasal *et al*, (1994) indica que la formación de híbridos no convencionales involucra no menos de un progenitor que debe ser no endocriado, sin embargo, existe la posibilidad de involucrar dos progenitores de alta variación genética o no endocriados o uno endocriado y otro no endocriado (híbridos de tipo mestizo).

Chávez (1995), presenta la siguiente clasificación de híbridos: Híbrido Simple: Es un híbrido creado mediante el cruzamiento de dos líneas endogámicas, por lo común, los híbridos simples son más uniformes y tienden a presentar un mayor potencial de rendimiento en condiciones ambientales favorables. Híbrido Triple: Se forma con tres líneas autofecundadas, es decir son el resultado de un cruzamiento entre una crusa simple y una línea autofecundada. Híbrido Doble: Se forma a partir de cuatro líneas autofecundadas, es decir es la progenie híbrida obtenida de una crusa entre dos cruza simples, los híbridos dobles no son tan uniformes como las cruza simples, por lo que presentan mayor variabilidad; es importante señalar que una crusa simple produce mayor rendimiento que una triple y esta a su vez más que una doble (Weatherspoon, 1970). El cambio de variedades de polinización libre y de cruza dobles a cruza simples en EEUU se asocia con un incremento en el mejoramiento del rendimiento y en un incremento en su área de adaptación, esto contradice la aseveración de que la variabilidad fenotípica y genotípica esta asociada positivamente con estabilidad del rendimiento (Troyer, 1996).

DISEÑOS GENÉTICOS

Diseños de Carolina del norte

Comstock y Robinson (1948), en Carolina del Norte, propusieron tres tipos de diseños genéticos, según la forma de aparearse los progenitores:

Diseño I. En este esquema, cada progenitor usado como macho se aparea con un grupo de progenitores hembras, en donde cada una de las hembras solo participa en una sola cruce. Este diseño permite las estimaciones de las varianzas aditivas y de dominancia, las progenies descendientes del mismo macho son medios hermanos y forman parte del mismo grupo.

Diseño II. Llamado también diseño factorial, las características básicas de este diseño con el dialélico, son totalmente diferentes, pero la información obtenida de ambos es similar. En el diseño dialélico los mismos padres son usados como machos y como hembras, mientras que en éste diseño un grupo de padres son usados como machos y un grupo diferente de padres son usados como hembra, en diseño dialélico a medida que se incrementan los progenitores se incrementan al doble las cruces que se deberán de evaluar en comparación con este diseño, además las esperanzas de los cuadrados medios de los machos y las hembras, equivalen a la ACG y la de la interacción machos x hembras equivale a la ACE (Hallauer y Miranda, 1988).

Diseño III. Este modelo ha sido primeramente usado en poblaciones F2 de maíz para determinar efectos de ligamientos en la estimación de varianzas aditivas, varianzas de dominancia y el grado de dominancia de los genes que afectan un carácter determinado. Las progenies evaluadas son desarrolladas por retrocruzas de plantas So individuales de la población F2, hacia ambos progenitores de la F1 (líneas endogámicas), hay un par de progenies por cada macho de F2 que deberá ser evaluada (Márquez, 1988).

Cruzas dialélicas

Las cruzas dialélicas permiten estimar el tipo de acción génica involucrado en el material de estudio. Sprague y Tatum (1942), fueron los que originalmente definieron los términos de aptitud combinatoria, denominando “aptitud combinatoria general” (ACG) al comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas y “aptitud combinatoria específica” (ACE) para designar a los casos en los cuales ciertas combinaciones son relativamente mejores o peores que lo que se esperaría, sobre la base del comportamiento promedio de las líneas involucradas.

Griffing (1956), conceptualiza las cruzas dialélicas como el procedimiento en el cual un grupo de P líneas o progenitores se cruzan entre si tantas veces como sea posible para así obtener un máximo de P^2 cruzamientos, los cuales pueden ser representados en una matriz de $P \times P$ elementos, además abordo los conceptos y la teoría estadística relacionada con los diseños dialélicos. De

acuerdo a si participan o no progenitores y las cruzas reciprocas de la F_1 , y las clasificó en cuatro métodos.

1. Participan todas las cruzas posibles, incluye los progenitores, las cruzas directas F_1 y la crusa reciproca F_1 , por lo tanto, habrá P^2 familias, donde P es el número de progenitores.
2. Incluye sólo progenitores y cruzas directas F_1 por lo que tendremos $p(p+1)/2$ número de familias.
3. Incluye cruzas directas y reciprocas, tendríamos $p(p-1)$ número de familias.
4. Solo participan las cruzas directas o sea $p(p-1)/2$ número de familias.

Estos diseños pueden emplearse en muchos tipos de plantas. Su empleo depende en gran parte la habilidad para realizar los cruzamientos, así como, la cantidad de semilla producida. Una desventaja que presenta este diseño es que son imprácticos de usar, cuando hay más de 10 o 15 progenitores (Hallauer y Miranda, 1988).

Hallauer y Eberhart (1976). Indican que en un programa de mejoramiento, cuya finalidad es la formación de híbridos, la aptitud combinatoria especifica debe ser más importante, ya que se pueden explotar más a los efectos no aditivos, como dominancia y epítasis, ya que la varianza de la aptitud

combinatoria general indica la porción de la varianza genética debida a los efectos aditivos de los genes. Mientras que la varianza de la aptitud combinatoria específica indica la porción de la varianza genética que puede ser debida a desviaciones de dominancia.

Aptitud Combinatoria

Gutiérrez *et al.* (2002), Comenta que la aptitud combinatoria se refiere a la capacidad de un individuo o de una población de combinarse con otras, la capacidad es medida por medio de su progenie y debe determinarse por varios individuos de la población no en uno solo, con el fin de poder seleccionar u obtener los cruzamientos más adecuados para poder sustituir los híbridos comerciales. Martínez (1983), menciona que las cruzas dialélicas, se componen de las cruzas simples que pueden lograrse entre los elementos de un conjunto básico de líneas progenitoras, constituye un procedimiento estándar de investigación en la genética de plantas y animales. Las cruzas dialélicas se emplean para estimar los componentes genéticos de variación entre los rendimientos de las propias cruzas, así como su capacidad productiva. Su empleo actual tiene su origen en el desarrollo en los conceptos de aptitud combinatoria general y específica. La estimación de la aptitud combinatoria de una línea endogámica es fundamental para la formación de híbridos y variedades sintéticas. Inicialmente, la aptitud combinatoria fue un concepto general, utilizado para la clasificación de una línea en relación con su

comportamiento en cruzas, actualmente se estima en familias, variedades, cruzas simples o cualquier material usado como progenitor.

El análisis de la aptitud combinatoria tiene mayor uso en programas de mejoramiento que son diseñados para explotar heterosis mediante la producción de híbridos F_1 . Estos análisis también proveen información acerca del tipo de acción génica que esta presente en la población base, lo cual ayuda en la selección del material progenitor para ser usado en la producción de cruzas y poblaciones segregantes.

Aptitud combinatoria general

Jungenheimer (1985), dice que los probadores deben seleccionarse por su capacidad para combinar las líneas con otras. La aptitud combinatoria general (ACG) es el desempeño promedio de una línea pura en algunas combinaciones híbridas. Matzinger (1953), menciona que la aptitud combinatoria general (ACG) esta relacionada con los genes de efectos aditivos y proporciona información sobre que líneas puras deben producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras líneas. Se pueden usar probadores adecuados para determinar que líneas pueden sustituirse en los híbridos actuales o usarse en nuevos híbridos prometedores.

Aptitud combinatoria específica

La aptitud combinatoria específica es el resultado del efecto de dos líneas en particular. Esta medida no es característica de cada línea, sino de una combinación especial de líneas progenitoras.

HEREDABILIDAD

Es el término que se ha usado para indicar el grado en que el fenotipo refleja al genotipo para un carácter particular en una población de plantas; pero lo más importante es la porción de la variación fenotípica observada de planta que es reflejada en la descendencia. Brauer (1983) define la heredabilidad como el coeficiente entre la variación hereditaria y la varianza total. También como la estimación de la influencia que tienen los genes aditivos en la determinación de los caracteres cuantitativos.

Dudley y Moll (1969) definieron la heredabilidad en sentido amplio como la relación entre la varianza genética total y la varianza fenotípica, y la heredabilidad en sentido estrecho, como relación entre la varianza aditiva y la varianza fenotípica.

La heredabilidad en el sentido amplio (genotípica, porque incluye los diferentes tipos de acción génica) se define como la relación entre la varianza genotípica y la varianza observada en una población de plantas.

$$\text{Heredabilidad en sentido Amplio (H}^2\text{)} = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_P} \times 100$$

La heredabilidad en el sentido estrecho (genética) es la relación de la varianza genética aditiva, expresada en porcentaje de la variación fenotípica observada.

$$\text{Heredabilidad en sentido estrecho (h}^2\text{)} = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_P} \times 100$$

Silva (1999), dice que para estimar la heredabilidad se utiliza los parámetros genéticos y que además las correlaciones fenotípicas ayudan a identificar genotipos con altos rendimientos. La heredabilidad en sentido estricto es el cociente de la varianza aditiva sobre la varianza fenotípica y la función más importante de la heredabilidad es su papel predictivo, que expresa la confiabilidad del valor fenotípico como indicador del valor reproductivo que determina su influencia en la siguiente generación. El éxito en cambiar las características de la población puede predecirse sólo a partir del conocimiento del grado de correspondencia entre los valores genotípicos y los reproductivos que es medido a través de la heredabilidad.

Chávez (1995), expresa que la heredabilidad se refiere a la capacidad que tienen los caracteres para transmitirse de generación en generación, es decir, que ésta se pueda considerar como el grado de parecido entre los individuos de una generación y la siguiente. Vasal y Córdova, (1996) Comentan que la heredabilidad para rendimiento aumenta conforme cambia de medios hermanos a hermanos completos y a progenies autofecundadas S₁ y S₂.

HETEROSIS

Según Hallauer y Miranda (1988), la formación y producción de híbridos se basa en explotar el fenómeno denominado “heterosis”, e indican que Shull en 1914 usó este término, pero no incluyó una descripción de los mecanismos genéticos involucrados en la expresión. Márquez (1988), menciona la interpretación del concepto sugerido, cuando en 1952, Shull hace un resumen de sus investigaciones, como: El mayor vigor, tamaño, fructificación, velocidad de desarrollo, resistencia a plagas y enfermedades o a regiones climáticas de cualquier clase, manifestado por los organismos cruzados al compararse con los organismos endogámicos correspondientes, como resultados específicos de la disimilitud en la constitución de los gametos paternos. Lamkey y Edwards (1999), indican que esta definición frecuentemente es interpretada como que no indica las bases genéticas de la heterosis, porque describe básicamente los fenotipos que resultan de la cruce de dos líneas endogámicas. Phillips (1999), indica que aun cuando la heterosis es la base de un agronegocio multimillonario en dólares, pues mucha de la habilidad para satisfacer las necesidades de alimento en el mundo depende de la heterosis, todavía no se conoce la base genética molecular de este importante fenómeno biológico.

FORRAJE

Núñez *et al.* (2003) define al forraje como aquellos alimentos voluminosos lo contrario de los concentrados, que tienen gran cantidad de fibra

y su valor nutritivo es bajo, pero proporcionan un alto valor energético al ganado. Como representante de este grupo están el ensilado, henificado, pastos y rastrojos. Los maíces que actualmente se utilizan, son seleccionados por su capacidad de producción de materia seca, y hay poco interés en alta calidad nutritiva (Núñez *et al.*, 1999, Peña *et al.*, 2002.). Peña *et al.* (2004), comentan que ninguno de los híbridos de maíz usados para la producción de forraje en México han sido desarrollados en programas de mejoramiento genético para aumentar la producción y la calidad del forraje, sino que fueron seleccionados para rendimiento de grano. Un maíz para forraje deberá proveer un alto rendimiento de biomasa por unidad de área, desde 40-90 t ha⁻¹ de forraje verde en un corto tiempo y un valor nutritivo de bueno a excelente, dependiendo de la etapa de crecimiento que se encuentre el cultivo al momento de la cosecha (Amador y Boschini, 2000). Clark *et al.* (2002), reportan que ganado lechero alimentado con híbridos de maíz seleccionados para forraje rindieron mas leche, con mayor contenido de proteína y que el consumo de materia seca fue mayor que el alimentado con maíz normal

Por lo general se considera que los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje (Geiger *et al.*, 1992; Peña *et al.*, 2003), por lo que un alto porcentaje de mazorca o un alto índice de cosecha favorecen incrementos en la calidad nutritiva del forraje, sin embargo, en algunos casos también se relacionan negativamente con la digestibilidad de la planta sin elote (Peña *et al.*, 2003), con algunas excepciones, la porción de mazorcas correlacionan de manera alta y significativa con la digestibilidad de la

planta total, esto significa que la selección de los materiales con alta proporción de mazorca podría favorecer una mayor calidad de forraje (Peña *et al.* 2002).

MATERIA SECA

El valor nutritivo de la materia seca del maíz se explica considerando el follaje (hojas y tallos), y grano; la digestibilidad de estos componentes varía de 53 a 65.1 por ciento para follaje y de 88.7 a 93.9 por ciento para grano (Johnson, 1997). Al llevar a cabo una evaluación de maíz forrajero, esta se debe enfocar hacia el incremento de la producción de materia seca y considerar características importantes como resistencia al acame, estabilidad en la producción en diferentes ambientes, niveles mínimos de pérdida de materia seca durante el ensilaje, vigor inicial, densidad de siembra, así como la facilidad de recolección de cosecha. La altura de la planta de maíz influye en la producción de materia seca, pero debe tener el tamaño adecuado a fin de contribuir con aproximadamente el 50% del peso total para no incrementar el contenido de fibras. (Rodríguez *et al.* 2000). Debido a la alta disponibilidad de radiación solar en la Región Lagunera durante el periodo libre de heladas, la productividad del maíz es alta. Resultados de investigación indican que es posible obtener un potencial de hasta 80 t ha⁻¹ de forraje fresco y 24 t ha⁻¹ de forraje seco (30 por ciento de materia seca), con un contenido de grano de 45 a 50 por ciento (Reta *et al.*, 2002).

APTITUD COMBINATORIA DE COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN LÍNEAS DE MAÍZ PARA GRANO, EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO.

COMBINING ABILITY FOR YIELD TRAILS IN GRAIN CORN LINES, AT LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO.

Raúl Wong Romero*, Emiliano Gutiérrez del Río¹, Arturo Palomo Gil¹, Sergio Rodríguez Herrera¹, Hugo Córdova Orellana² Armando Espinoza Banda¹, J. Jaime Lozano García¹

* Alumno de doctorado en producción agrícola. Correo electrónico: raulwongromero@hotmail.com
Tel (871) 730 39 10 ¹Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Periférico y Car. a Santa Fe. Torreón, Coahuila. Tel y Fax 01 (871) 733 1210 y 733 1090 Ext. 129 y 130. ²Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)
Apdo. Postal 6-641, 06600 México, D. F.

RESUMEN

En La Comarca Lagunera se siembra anualmente 24,000 has de maíz forrajero y 15,000 has de maíz de grano, con promedio de rendimiento de 42,000 t ha⁻¹ de forraje verde y 3.3 t ha⁻¹ de grano. Los incrementos en la producción de maíz que se han dado en el mundo se deben tanto al cambio de prácticas de manejo del cultivo, como al mejoramiento genético. El objetivo de este trabajo fue determinar la aptitud combinatoria general (ACG) de las líneas autofecundadas y aptitud combinatoria específica (ACE) de las cruzas, y formar combinaciones híbridas de maíz de grano adaptados a las condiciones climáticas de La Comarca Lagunera. Para tal fin en la primavera del 2004 se formaron dos grupos de 10 líneas provenientes de la UAAAN-UL, de INIFAP y del CIMMYT, un grupo se utilizó como macho y el otro como hembra para formar 100 cruzas simples directas posibles. Bajo el diseño de apareamiento genético de Carolina del Norte II. En el verano del mismo año se evaluaron las cruzas en un diseño de bloques al azar con dos repeticiones; se midió rendimiento de mazorca (RMZ) y rendimiento de grano (RG), diámetro de mazorca (DMZ), diámetro de olote (DOL), longitud de mazorca (LMZ), número de hileras por mazorca (NHMZ), número

de granos por hilera (NGH) y peso de mil granos (PMG). Las líneas macho 1 y la hembra 12 presentaron la mayor ACG y los rendimientos más altos de RMZ y RG. Las cruzas 3x20, 7x14, 5x17, 1x16 y 2x11 tuvieron los mejores valores de ACE para los principales componentes de rendimiento evaluados; para la craza 1x16 el rendimiento depende del NGH y PMG, aportado por el M1 y la H16 respectivamente, mientras que para la craza 5x17 la LMZ y NGH, aportado por el M5 y la H17 respectivamente, cuya interacción se expresa en la ACE. Por último, el rendimiento de grano de la craza 6x12 depende principalmente por el NHMZ proveniente del M6 y el PMG aportado por la H12, se considera que algunos componentes de rendimiento influyen en el rendimiento más que otros por el origen diverso de las líneas usadas.

Palabras clave: Aptitud combinatoria, líneas autofecundadas, cruzas simples

SUMMARY

In La Comarca Lagunera, 24,000 has. of forage corn and 15,000 has. of grain corn grow each year, with 42 t ha⁻¹ of forage yield and 3.3 t ha⁻¹ of grain production. The world increasing of maize production is due to changes in crop management and genetic breeding. The objective of this work was to estimate the general combining ability (GCA) of the inbred lines, and the specific combining ability (ECA) of single crosses, additionally to make single crosses adapted to conditions of La Comarca Lagunera, region. There for, in the 2004 spring season, two groups of ten inbred lines were formed with lines of UAAAN-UL, INIFAP and CIMMyT; one group was used like male plants and the other like female plants. In order to make the 100 possible direct single crosses, the North Caroline II matting designs was used. In 2004 summer season the crosses were

evaluated in a complete randomized block design with two replications. The traits evaluated were: ear yield (RMZ), grain yield (RG), ear diameter (DMZ), cob diameter (DOL), ear length (LMZ), number of rows by ear (NHMZ), number of grains per row (NGPH) and weight of a thousand grains (PMG). Male 1 and female 12 were the inbred lines with highest ACG and yields RMZ and RG. The 3x20, 7x14, 5x17, 1x16 and 2x11 single crosses had the highest values of ECA for the principal evaluated yield traits; the yield of 1x16 cross was influenced by NGH and PMG from M12 and H16 respectability, while as, the 5x17 cross yield, the LMZ and NGH from M5 and H17 respectability is expressed by ACE. At least, the 6x12 grain yield was depended highest by NHMZ and PMG from M6 and H12 respectability. Some yield components have more influence than others because the genetic diversity from the used lines.

Key words: combining ability, inbred lines, single crosses

INTRODUCCIÓN

En los años 80's del siglo pasado el maíz ocupó el tercer lugar mundial alimentario, alcanzando una producción anual superior a los 500 millones de toneladas. Según FAO (2001) a principios de este siglo el maíz ocupó el primer lugar en la producción mundial (609'181,620 t) superando al arroz (592'831,326 t) y al trigo (582'691,612 t). Duvick y Cassman (1999), indican que la demanda global de maíz se incrementará de 526 a 748 millones de toneladas del año 1993 al 2020, mientras que Borlaug (1999), hace una proyección del crecimiento de la población mundial de 6,200 millones de personas en el año 2,000 a 8,300 millones en el año 2,025 y 10,000 millones en el año 2045, esperando que se establezca en 11,000 o 12,000 millones al final del siglo XXI.

En La Comarca Lagunera, ubicada en el Norte de México, se siembra anualmente 15,000 has de maíz de grano y 24,000 has de maíz forrajero (SAGARPA, 2005), en su mayoría con híbridos comerciales de maíz para grano, desarrollados por compañías transnacionales para otras áreas del país. Por lo general se considera, que los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje (Peña *et al.*, 2003). El rendimiento de grano promedio para esta región es de 3.3 t ha⁻¹, aun cuando el rendimiento potencial a nivel experimental es de 13 t ha⁻¹ (Reta *et al.*, 1998), por lo que se debe de buscar soluciones que ayuden a incrementar los rendimientos, sin que esto origine un incremento en los costos de cultivo. Hace diez años aproximadamente, el 52 % de los agricultores utilizaban materiales mejorados, el resto usaba variedades criollas y ocasionalmente semilla de generaciones segregantes procedentes de híbridos (Gutiérrez *et al.* 2002), hoy se estima que el 93 % recurre a este tipo de tecnología (Aguilar *et al.*, 2000). Se tiene la obligación de aumentar la calidad y productividad de este cultivo, caracterizando los mejores híbridos a través de técnicas que nos permitan determinar los efectos genéticos involucrados en los materiales de estudio y por lo consiguiente brindar a los productores un mayor número de alternativas que le permitan elegir genotipos con altos rendimientos.

El rendimiento de grano del maíz en Estados Unidos se ha incrementado de un 40-50% por el cambio a mejores prácticas de manejo agronómico, como el incremento de fertilizante nitrogenado y altas densidades de población, y un 50-60% por el mejoramiento genético como cambio en la arquitectura de la planta, menor altura de planta, posición de hojas erectas, resistencia acame, etc. (Duvick, 1992; Russell, 1991), y a la respuesta a cambios ambientales como a mayor adaptación y tolerancia de los híbridos a las condiciones de estrés (Tollenaar y Wu, 1999), quienes además comentan

que en Europa se han dado cambios de magnitud similar a los de Estados Unidos de Norteamérica.

El mejoramiento genético es un proceso continuo en la formación de nuevas variedades e híbridos comerciales, el conocimiento de los diversos tipos de acción génica y la importancia de estos en la determinación de ciertos caracteres de interés, es básico para lograr avances rápidos en un programa destinado a la obtención de híbridos (Malacarne *et al.*, 2005; Betrán *et al.*, 2003). Para conocer la acción génica de caracteres cuantitativos, que permitan determinar la aptitud combinatoria de los padres, seleccionar los mejores progenitores y diseñar los métodos de mejoramiento más eficientes, se han desarrollado sistemas de apareamiento o diseños genéticos (Comstock y Robinson, 1948; Griffing, 1956).

El objetivo del presente trabajo fue estimar la aptitud combinatoria general de líneas de maíz y la aptitud combinatoria específica de sus cruzas e identificar las mejores combinaciones híbridas para la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), en Torreón, Coah., localizada entre los paralelos 24° 30' y 27° LN y 102° y 104° 40' LO. La altura es de 1150 msnm, con un clima seco y caluroso. En la primavera del 2004 se realizaron las cruzas simples posibles entre dos grupos de 10 líneas y en el verano del mismo año se llevó a cabo la evaluación de las cruzas F₁. El material genético proviene de tres programas. Por un lado seis líneas de alta endogamia provenientes del programa de mejoramiento de la UAAAN-UL,

(Antuna *et al.*, 2003), tres líneas de origen del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y once líneas del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), teniendo el siguiente origen y descripción:

M1; L-AN 123 R. Línea de alta endogamia formada de variedad Criolla del municipio de Concepción, Jalisco con precocidad y tolerancia a sequía.

M2; L-AN 447. Línea de 8 autofecundaciones, derivada de generaciones avanzadas del Híbrido AN-447 con características de amplia adaptabilidad.

M3; L-AN 360 PV. Línea obtenida de la población enana Pancho Villa.

M4; L-AN 130. Proviene de la F₄ del H-507, cruzada con la población de El Bajío Celaya-2.

M5; L-AN 123. Obtenida de forma divergente y contrastada de una variedad criolla de Jalisco; de hojas pálidas y onduladas.

M6; L-AN 388R. Línea enana, con hojas anchas y suculentas generada a partir de la F₃ del híbrido AN-388.

M7; B-32. Línea de INIFAP derivada del híbrido H-353.

M8; B-39. Cuyo origen proviene de INIFAP. (Ramírez *et al.*, 1995)

M9; B-40. Cuyo origen proviene de INIFAP. (Ramírez *et al.*, 1995)

M10; CML-319. Del CIMMYT derivada de líneas recicladas de la cruce Cr.Arg x CIM.ShPINPH.

H11; CML-264 Del CIMMYT derivada de la Pob21.

H12; CML-316 Del CIMMYT derivada de la Pob500P500c.

H13; CML-254 Del CIMMYT derivada de la Pob21.

H14; CML-313. Del CIMMYT derivada de la Pob501c.

H15; CML-273 Del CIMMYT derivada de la Pob43.

H16; CML-247 Del CIMMYT derivada de la Pool24.

H17; CML-271 Del CIMMYT derivada de la Pob29.

H18; CML-311 Del CIMMYT derivada de la Pob500.

H19; CML-278 Del CIMMYT derivada de la Pob43.

H20; CML-315 Del CIMMYT derivada de la Pob500P500c

Nota: La descripción de las líneas del 10 al 20 se encuentra en CIMMYT (1999). Maize Inbred Lines Released by CIMMYT. A compilation of 424 CIMMYT LINES MAIZE (CMLs). CML1-CML424. First draft.

La descripción de las líneas 8 y 9 se encuentra en Ramírez D JL, J Ron P, JB Maya L y O Cota A (1995) H-357 y H-358 híbridos de maíz de cruza simple para la zona subtropical y tropical de México. Folleto Técnico Núm. 4, Campo Experimental Centro de Jalisco, CIPAC, INIFAP, Tlajomulco, Jalisco, México.

Las líneas del 1 al 10 se usaron como machos (M) y las líneas del 11 al 20 como hembras (H), para obtener 100 cruzas directas las cuales se evaluaron bajo un diseño experimental de bloques al azar con dos repeticiones. La parcela experimental fue de un surco de tres m de largo y 0.70 m de ancho, con seis plantas por metro, para tener una población aproximada de 85,000 plantas ha⁻¹, el riego se aplicó con cintilla, procurando mantener un buen nivel de humedad durante el ciclo. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de mazorca (RMZ), rendimiento de grano (RG), diámetro de mazorca (DMZ) y diámetro de olote (DOL), longitud de mazorca (LMZ), número de hileras por mazorca (NHMZ), número de granos por hilera (NGH) y peso de 1000 granos (PMG).

El análisis genético se hizo con el diseño II de apareamiento de Carolina del Norte (Comstock y Robinson, 1948), cuyo modelo lineal es:

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + H_j + \phi_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde $i=1,2,\dots,m$ (machos); $j=1,2,\dots,h$ (hembras); $k=1,2,\dots,r$ (rep);

Y_{ijk} = observación de la cruce entre el i-ésimo macho y la j-ésima hembra en la k-ésima repetición; μ =Media general; M_i y H_j =Efecto del i-ésimo macho y j-ésima hembra;

ϕ_{ij} =Efecto de la interacción del i-ésimo macho con la j-ésima hembra;

ϵ_{ijk} =error experimental.

La estimación de los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) para los machos y hembras, y aptitud combinatoria específica (ACE) para las cruzas, se hizo según la propuesta de Sprague y Tatum (1941).

$$g_i = \tilde{Y}_{i..} - \tilde{Y}_{...}, \quad g_j = \tilde{Y}_{.j} - \tilde{Y}_{...},$$

$$S_{ij} = Y_{ij} - g_i - g_j - \tilde{Y}_{..}$$

Donde g_i , g_j y S_{ij} son los efectos de ACG y ACE, respectivamente para los i-machos, las j-hembras y sus i y j cruzas, $\tilde{Y}_{i.}$ y $\tilde{Y}_{.j}$ son las medias de los machos y las hembras, Y_{ij} es el valor de la cruce i*j y $\tilde{Y}_{..}$ es la media de las i * j cruzas. La diferencia estadística entre las ACG de los progenitores machos y hembras y la ACE de las cruzas se efectuó mediante la prueba de t ó diferencia mínima significativa, $DMS\alpha = EE \times t(\alpha/2)^{-1}$, gl ee) donde EE Error estándar en la comparación de medias $EE = \sqrt{2CME (RM)^{-1}}$

R=repeticiones, M=machos = H=hembras, gl=grados de libertad,

ee= error experimental.

Se estimaron los coeficientes de correlación entre variables mediante la siguiente ecuación: $r = \text{cov}(xy) (\sigma_x^2 \sigma_y^2)^{-1/2}$, donde el numerador indica la covarianza fenotípica de las medias entre dos caracteres y el denominador el producto de las varianzas fenotípicas de cada carácter.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los análisis de varianza (Cuadro 1), se detectaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para Machos y Hembras en todas las características evaluadas. La interacción M*H resultó significativa para el peso de mil granos, no significativa para el diámetro de mazorca y altamente significativas para el resto de las variables. Estas diferencias son debido al origen contrastante del material genético utilizado, lo que refuerza los resultados obtenidos por Antuna *et al.*, (2003) y De la Cruz, *et al.*, (2003), y concuerda con los resultados (De La Rosa, *et al.* 2000, Soengas, *et al.* 2003, De La Cruz, *et al.* 2005). Moreno *et al.* (2002), identifican híbridos de maíz de alto rendimiento como resultado de la alta variabilidad genética entre las poblaciones de donde se derivaron las líneas y la diversidad genética entre las líneas probadoras.

Los coeficiente de variación usados como una medida de precisión en la conducción de los experimentos (Kang, *et al.* 1999), para el rendimiento de mazorca y grano fueron de 12.0% y 13.4% respectivamente, considerados como valores aceptables; el resto de los componentes del rendimiento, fluctuaron ente 4.7% y 9.9%, debido a que son caracteres de menor variación, considerándose en general, como valores de alta confiabilidad.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza y nivel de significancia estadística, usando el Diseño II de Carolina del Norte. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004

F de V	gl	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	PMG	RMZ	RG
		cm	cm	cm					
Repeticiones	1	1.82**	0.07*	12.60**	13.52**	172.98**	8077.2**	145424574.2**	105181557.6**
Machos	9	0.37**	0.39**	12.74**	16.72**	161.17**	3760.9**	8589181.8**	7300131.5**
Hembras	9	0.71**	0.34**	13.17**	27.56**	56.35**	5416.4**	10783185.6**	9096386.1**
MxH	81	0.10ns	0.03**	2.41**	1.72**	18.35**	673.7*	4351690.5**	3015580.8**
Error	99	0.09	0.02	1.05	0.71	6.37	424.7	1105413.9	749537.3
Total	199								
Media		4.38	2.71	15.04	14.64	31.97	207.3	8741.0	6420.6
CV %		7.0	4.7	6.8	5.7	7.8	9.9	12.0	13.4

DMZ=Diámetro de mazorca, DOL=Diámetro de olote, LMZ=Longitud de mazorca, NHMZ= Número de hileras por mazorca, NGH= Número de granos por hilera, PMG=Peso de mil granos, RMZ=rendimiento de mazorca, RG=rendimiento de grano. **, * =Significancia ($p \leq 0.01$) y ($p \leq 0.05 > 0.01$) de probabilidad, ns= no significativo.

Comportamiento promedio de los componentes

Las medias del rendimiento y sus componentes de las líneas se muestran en el cuadro 2. Los machos M1 y M5 y las hembras H12 y H11 resultaron estadísticamente superiores para RMZ, mientras que para RG, solo el M1 y la H12 conservaron dicha superioridad, siendo el DMZ, el NHMZ y el NGH los que más contribuyeron en la superioridad mostrada por el M1, y el DMZ, DOL, NHMZ y el PMG para la H12 estos caracteres inciden en el rendimiento de diferente manera, para el M1, el DMZ permite un mayor NHMZ y si además se tiene un valor alto para granos por hilera, el resultado será la formación de un número mayor de granos por planta y por unidad de superficie, lo cual, Echarte *et al.* (2004), relacionan con un mayor rendimiento. Por otra parte para la H12, el mayor valor de NHMZ resulta del valor elevado presentado por el DMZ, encontrando además una diferencia mayor entre DMZ y DOL, lo que resulta en un mayor tamaño de grano y por consiguiente mayor PMG, lo que nos lleva a una alta expresión del rendimiento (Borras y Otegui, 2001), por lo que se esperaría un buen

comportamiento al combinar estos progenitores en la formación de híbridos (Soengas *et al.*, 2003). El M5 y la H11, forman parte del grupo superior estadísticamente para RMZ; para la H11, el DMZ, DOL, LMZ y NGH, son las características más sobresalientes, mientras que para el M5, la LMZ y NGH, son las características que más contribuyen a dicha expresión de rendimiento.

Cuadro 2. Rendimiento y sus componentes de las líneas macho y hembra en promedio de cruzas. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. Ciclo verano 2004.

Padres	RMZ kg ha ⁻¹	RG kg ha ⁻¹	DMZ cm	DOL cm	LMZ cm	NHMZ	NGH	PMG g
M1	10093*	7727*	4.5*	2.8	15.5	16.7*	35.6*	190
M2	8339	6151	4.4	2.7	15.1	14.3	31.8	202
M3	8873	6161	4.7*	3.0*	13.5	15.2	27.3	211
M4	8846	6474	4.4	2.8	14.3	13.7	31.6	215
M5	9506*	7078	4.3	2.7	16.3*	15.2	36.5*	185
M6	8866	6713	4.4	2.7	14.6	14.9	29.5	217
M7	8073	6060	4.3	2.6	15.1	14.2	31.5	232*
M8	8423	6000	4.4	2.8	15.5	14.5	34.6	200
M9	8425	6161	4.2	2.6	15.1	14.1	31.0	210
M10	7968	5683	4.2	2.5	15.7*	13.6	30.4	211
H11	9724*	7117	4.5*	2.8*	15.8*	14.7	34.3*	223*
H12	10060*	7946*	4.6*	2.8*	14.8	17.3*	30.6	213*
H13	8567	6158	4.2	2.6	15.4*	12.8	33.5*	223*
H14	8611	6324	4.4	2.7	16.0*	13.8	31.4	226*
H15	8482	6068	4.3	2.7	15.9*	14.1	32.1	199
H16	8969	6494	4.5*	2.9*	14.1	14.7	30.6	222*
H17	8724	6473	4.5*	2.8*	14.3	15.5	29.4	207
H18	8754	6200	4.5*	2.9*	15.6*	14.8	34.4*	193
H19	7927	5606	4.2	2.6	13.8	14.3	31.3	181
H20	7594	5822	4.0	2.5	14.8	14.4	32.4	187

DMS (0.05) 659 543 0.19 0.08 0.64 0.52 1.58 12.93

RMZ=rendimiento de mazorca, RG=rendimiento de grano, DMZ=Diámetro de mazorca, DOL=Diámetro de olote, LMZ=Longitud de mazorca, NHMZ= Número de hileras por mazorca, NGH= Número de granos por hilera, PMG=Peso de mil granos. * Significativo al (0.05).

Luna y Gutiérrez, (1993), encuentran que el DMZ y LMZ, contribuyen al incremento del número de granos por mazorca y por unidad de superficie, por lo tanto, con rendimiento. Andrade *et al.* (2002), comentan que el rendimiento de grano esta grandemente asociado con el número de granos a la cosecha.

Las cruzas más sobresalientes en RMZ, fluctúan entre 10.0 y 12.5 t ha⁻¹, correspondiendo también a las mejores en RG, que tienen un rango de variación de 7.9 a 9.6 t ha⁻¹ (Cuadro 3), las 15 cruzas incluidas en los resultados forman el grupo estadísticamente superior para RG, mientras que para RMZ, las cruzas 2x12 y 7x12, quedaron excluidas de dicho grupo. Para LMZ encontramos diferencias en valores de 14.2 a 17.6 cm; para NHMZ y NGH, se presentaron valores de 14 a 20 y de 28.4 hasta 37.4 respectivamente, y en el PMG, de 179 a 273 g. De acuerdo a la amplitud de los rangos existe variación entre los valores de cada característica, encontrándose que para el RG y el DMZ, las 15 cruzas presentadas quedaron dentro del grupo estadísticamente superior. Se considera que algunos componentes de rendimiento influyen en los resultados más que otros, para la cruz 1x16, el NGH aportación del M1 y PMG característica sobresaliente en la H16, son las que más contribuyen a la expresión del rendimiento, mientras que para la cruz 5x17, la LMZ y NGH del M5 y la interacción de M5 y H17 expresada por la ACE para PMG, fue probablemente lo que más influyó en la expresión del rendimiento; en la cruz 6x12, el NHMZ y el PMG, son las que más influyen en el rendimiento. El peso de grano y las características asociadas con la mayor cantidad de granos producida son las que definen el rendimiento en cereales (Borrás and Otegui, 2001). Existe la posibilidad de que al conjuntar por recombinación y selección algunas líneas contrastantes podrían resultar patrones heteróticos definidos, tal como lo

explica Duvick (1999) y Vergara *et al* (1997), indicando que los híbridos altamente rendidores obtienen su rendimiento, no solo de la heterosis, sino también de factores hereditarios como la interacción múltiple de genes de tipo aditivo; por esto se debe de conocer la importancia relativa de cada contribución genética en la producción de híbridos.

Cuadro 3. Medias de rendimiento y sus componentes de 15 cruzas de maíz sobresalientes. UAAAN-UL. Torreón, Coah. Ciclo verano 2004.

cruza	RMZ kg ha ⁻¹	RG kg ha ⁻¹	DMZ cm	DOL cm	LMZ cm	NHMZ	NGH	PMG G
1x16	12550*	9656*	4.81*	2.94*	15.4	17	35.5*	225*
6x12	11702*	9557*	4.82*	2.93*	14.9	20*	29.7	234*
6x11	11681*	8933*	4.58*	2.76*	17.6*	16	38.2*	240*
1x12	10864*	8924*	4.66*	2.87*	16.0*	20*	34.0*	192
5x17	11754*	8908*	4.74*	2.93*	16.1*	17	33.8*	210*
2x11	11541*	8906*	4.67*	2.81*	16.3*	14	36.0*	219*
5x12	11115*	8769*	4.51*	2.83*	16.7*	17	36.4*	179
3x20	11185*	8672*	4.62*	2.90*	14.2	15	30.4	208*
4x12	11064*	8628*	4.71*	2.90*	15.1	17	28.4	236*
2x12	10375	8359*	4.65*	2.84*	14.2	17	29.9	235*
1x15	11033*	8279*	4.55*	2.65	16.6*	16	37.4*	190
7x12	10012	8263*	4.60*	2.66	14.8	16	32.4	205*
6x13	10645*	8223*	4.48*	2.78*	16.3*	14	37.0*	230*
9x12	10470*	8083*	4.35*	2.67	15.5	16	32.0	211*
7x14	10532*	7990*	4.55*	2.65	17.5*	14	32.9	273*
Media	8741	6420	4.38	2.71	15.0	14.6	32.0	207
DMS (0.05)	2086	1717	0.60	0.25	2.03	1.67	5.0	40

RMZ=rendimiento de mazorca, RG=rendimiento de grano, DMZ=Diámetro de mazorca, DOL=Diámetro de olote, LMZ=Longitud de mazorca, NHMZ= Número de hileras por mazorca, NGH= Número de granos por hilera, PMG=Peso de mil granos. * Significativo al (0.05).

Las líneas M1 y M6, son las que más intervienen en las cruzas sobresalientes (tres veces cada una), las líneas M5 y M2 intervienen dos veces cada una, La línea H12, es la que más aparece en este grupo de cruzas (siete veces), lo cual indica contribuciones de efectos genéticos aditivos (ACG), las líneas M1 y H12, serian las indicadas para separar

el resto de las líneas en dos grupos heteróticos (Malacarne y San Vicente, 2003; Sierra *et al.* 2000). Además, se puede observar que en los mejores híbridos, el grupo de líneas de origen UAAAN-UL combinaron mejor con las mejores líneas de CIMMyT que las Líneas de INIFAP.

Aptitud combinatoria de los componentes

Los mayores efectos de aptitud combinatoria general, para las características de rendimiento de mazorca y rendimiento de grano, se encontraron en las líneas 1 y 5 usadas como macho (Cuadro 4), observándose que el número de hileras por mazorca, número de granos por hilera, peso de mil granos y longitud de mazorca fueron los caracteres que más contribuyeron a la expresión de ACG del M1 y M5, sin embargo, para las líneas 11 y 12 usadas como hembras que de igual forma presentan altos valores de ACG para RMZ y RG, los caracteres que más aportaron fueron la longitud de mazorca, número de granos por hilera y peso de mil granos este resultado está apoyado por los altos coeficientes de correlación obtenidos entre el rendimiento y dichos componentes del rendimiento (Cuadro 5) para la H11, la H12 la cual presenta uno de los valores más altos de ACG, solo la característica número de hileras por mazorca fue la que más contribuyó a dicha expresión, resultados apoyados

Cuadro 4. Valores estimados de Aptitud Combinatoria General (ACG) de líneas de maíz usadas Como machos y hembras. Diseño II de Carolina del Norte. UAAAN-UL. Torreón, Coah. Ciclo verano 2004.

Líneas	RMZ kg ha ⁻¹	RG kg ha ⁻¹	DMZ cm	DOL Cm	LMZ cm	NHMZ	NGH	PMG g
M1	1352**	1306**	0.10	0.05	0.42	2.06**	4.23**	17.48**
M2	-402	-270	-0.03	0.01	0.02	-0.34	0.43	-5.72
M3	132	-260	0.29**	0.31**	-1.59**	0.56*	-4.12**	3.72
M4	105	53	0.05	0.04	-0.78*	-0.94**	0.23	7.87
M5	765*	658*	-0.08	-0.03	1.23**	0.56*	5.13**	-22.03**
M6	125	292	0.02	-0.03	-0.50	0.26	-1.87*	9.77
M7	-668*	-361	-0.05	-0.09	0.01	-0.44	0.13	24.87**
M8	-319	-420	0.03	0.05	0.42	-0.14	3.18**	-7.57
M9	-316	-260	-0.19*	-0.16**	0.06	-0.54*	-0.37	3.02
M10	-773*	-738**	-0.15	-0.18**	0.69*	-1.04**	-0.97	3.52
H11	983**	696*	0.11	0.09	0.76*	0.06	2.33**	15.37*
H12	1319**	1525**	-0.22	0.09	-0.21	2.66**	-1.42	5.97
H13	-174	-263	-0.18*	-0.08	0.34	-1.84**	1.53	15.72*
H14	-130	-97	0.02	-0.06	0.97**	-0.84**	-0.62	18.37**
H15	-259	-353	-0.04	-0.05	0.89**	-0.54*	0.08	-8.12
H16	228	73	0.13	0.16**	-0.93	0.06	-1.42	14.17*
H17	-17	52	0.15	0.04	-0.79*	0.86**	-2.62**	-0.37
H18	13	-221	0.12	0.16**	0.52	0.16	2.38**	-14.53*
H19	-815*	-815**	-0.15	-0.14*	-1.27**	-0.34	-0.67	-26.18**
H20	-1148**	-599*	-0.39**	-0.23**	-0.29	-0.24	0.43	-20.43**
DMS .05	558	542	0.186	0.087	0.641	0.52	1.58	12.88
DMS .01	868	716	0.245	0.115	0.847	0.696	2.088	17.03
E. E.	332	273	0.094	0.044	0.324	0.266	0.798	6.51

RMZ=rendimiento de mazorca, RG=rendimiento de grano, DMZ=Diámetro de mazorca, DOL=Diámetro de olote, LMZ=Longitud de mazorca, NHMZ= Número de hileras por mazorca, NGH= Número de granos por hilera, PMG=Peso de mil granos. **, * =Significancia ($p \leq 0.01$) y ($p \leq 0.05 > 0.01$) de probabilidad, E.E.= Error Estándar

con los trabajos realizados por De La Cruz, *et al.* (2003), que muestran concordancia en los valores positivos de ACG para rendimiento, el M6 al contrario de lo encontrado por estos autores, resultó con valores positivos, debido a que en el presente trabajo intervienen líneas que no incluyó dicho autor. El macho 3 y la hembra 18, mostraron un valor positivo en aptitud combinatoria general para el rendimiento de mazorca, no así para el rendimiento de grano, que resultó con signo negativo, esto probablemente sea

una consecuencia al valor elevado de ACG para diámetro de olote para ambos progenitores, aunado al bajo valor de ACG para el M3 y al valor negativo de la H18 para PMG. Los machos 1 y 7, las hembras 11, 13, 14, y 16, mostraron los valores más altos de ACG para peso de mil granos; resultados que indican que no todos los componentes responsables del rendimiento tienen comportamientos similares, sino que dependen mucho de la constitución genética de cada línea, esto puede ser ventajoso en el mejoramiento del rendimiento como lo menciona Vergara *et al.* (1997), y Márquez, (1991).

En el cuadro 5 se muestran los valores de aptitud combinatoria específica para las 15 mejores cruzas. La mayoría de las cruzas mostraron valores positivos de ACE para RMZ y RG; las mejores cruzas para ambos caracteres fueron 3x20, 7x14, 5x17, 1x16 y 2x11, todas quedaron dentro del grupo superior estadísticamente, mientras que la ACE de los componentes no mostraron diferencias, los altos valores de ACE de estas cruzas para RMZ y RG, son debido los altos rendimientos de las cruzas, y a los valores bajos o negativos de la ACG de las líneas que intervienen en las cruzas (3x20 y 7x14) o a la combinación de una línea con alta ACG con otra de valores bajos o negativos de ACG (1x16, 5x17 y 2x11). Se observa con los valores más bajos de ACE las cruzas 5x12, 9x12, 7x12, 2x12, 4x12 y 1x12; estas cruzas tienen en común la línea 12, que fue una de las que presentaron los valores más altos de ACG, la craza 1x12 fue la única que obtuvo valores negativos de ACE para RMZ (-548) y RG (-327), debido a que ambos progenitores de esta craza tuvieron los valores más altos de ACG, este resultado sugiere que la manifestación de alto rendimiento en la craza es debida a la acción génica de sus efectos aditivos de las líneas como lo aseveran Reyes *et al.* (2004). La craza 6x13

resultó con valor de ACE alto y significativo para RG, donde las mayor contribución la aporta el NGH. La cruza 6x11, a pesar tener valores altos y significativos de ACE para LMZ y NGH y la cruza 6x12, aun cuando muestra valores significativos altos para NHMZ, estos no se ven reflejados en ACE del rendimiento de dichos híbridos, causado probablemente por los bajos valores de ACE de PMG.

Cuadro 5 Aptitud combinatoria específica de las 15 mejores cruzas de maíz, para rendimiento de mazorca, de grano, y sus componentes. UAAAN-UL Torreón, Coah. Ciclo verano 2004.

Cruza	RMZ kg ha ⁻¹	RG kg ha ⁻¹	DMZ cm	DOL Cm	LMZ cm	NHMZ	NGH	PMG G
1x16	2229*	1856*	0.19	0.01	0.91	0.24	1.32	21.0
6x12	1517	1319	0.64	0.14	0.60	2.44**	1.62	10.4
6x11	1833	1524	0.07	-0.02	2.29*	1.04	6.37*	7.5
1x12	-548	-327	0.39	0.00	0.73	0.64	-0.18	-3.8
5x17	2265*	1777*	0.28	0.20	0.61	0.94	-0.08	24.6
2x11	2220*	2059*	0.20	0.0	0.47	-0.36	1.87	1.5
5x12	290	166	0.42	0.04	0.62	-0.86	1.32	-12.0
3x20	3460**	3110**	0.33	0.09	1.03	0.04	2.72	16.9
4x12	898	629	0.50	0.05	1.04	0.64	-1.78	14.3
2x12	717	683	0.51	0.02	-0.60	0.04	-0.48	27.4
1x15	1199	906	0.10	0.0	0.24	-0.16	1.72	8.2
7x12	620	678	0.48	-0.06	0.00	-0.86	2.32	-33.0
6x13	1953	1773*	0.25	0.17	1.43	0.94	5.97*	-2.8
9x12	725	397	0.37	0.01	0.59	-0.76	2.42	-5.3
7x14	2589*	2027*	0.19	0.08	1.47	0.64	2.02	22.4
DMS.05	2147	1714	0.59	0.28	2.02	1.66	4.99	40.8
DMS.01	3102	2265	0.78	0.37	2.66	2.19	6.59	53.9
E. E.	1085	865	0.30	0.14	1.02	0.84	2.52	20.6

RMZ=rendimiento de mazorca, RG=rendimiento de grano, DMZ=Diámetro de mazorca, DOL=Diámetro de olote, LMZ=Longitud de mazorca, NHMZ= Número de hileras por mazorca, NGH= Número de granos por hilera, PMG=Peso de mil granos. **, * =Significancia ($p \leq 0.01$) y ($p \leq 0.05 > 0.01$) de probabilidad, E.E.= Error estándar

Para el DMZ, se encontraron valores de ACE positivos para todas las cruzas mostradas, siendo el valor más bajo 0.07 y el más alto 0.64, que corresponden a las cruzas 6x11 y 6x12, respectivamente. Para DOL, se encontró el menor valor de -0.06 y

el mayor de 0.20, que corresponden a las cruzas 1x15 y 5x7, respectivamente. En estos caracteres se buscarían materiales con valores altos de ACE para DMZ y bajos de DOL, pues esto daría un tamaño mayor de grano o profundidad de grano y probablemente mayor peso de grano, aunque en esta característica un factor importante sería el peso específico del grano. En LMZ, los valores en su mayoría son positivos, solo la cruza 2x12 muestra valores negativos (-0.60), la cruza 6x11, obtuvo el valor estadísticamente más elevado y significativo (2.29). Para el NHMZ el valor más elevado lo tuvo la cruza 6x12, que también es la cruza que tuvo el valor más alto de DMZ, pues a mayor DMZ más espacio para acomodar hileras. Con respecto a NGH, el mayor valor se encontró en la cruza 6x11, de (6.36), el cual coincide con el valor más alto para LMZ, pues a mayor longitud de mazorca, es obvio que se tenga mayor cantidad de granos por hilera, mientras que el bajo valor obtenido de PMG, es probable que sea la causa para que no se vea reflejado en el rendimiento. Para el PMG, los valores más elevados corresponden a las cruzas 2x12, 5x17, 7x14 y 1x16, de las cuales, las tres últimas sobresalen en el mayor RMZ y RG, la cruza 2x12, a pesar de haber obtenido los valores máximos de ACE para PMG (27.4), no se ve reflejado en el rendimiento debido a los valores negativos de LMZ (-0.6), NGH (-0.48) y el valor bajo de NHMZ.

En el Cuadro 6 se presentan los coeficientes de correlación del rendimiento y sus componentes, donde RMZ y RG correlacionan positiva y significativamente con todas las variables, los coeficientes de correlación más altos se observan entre el RMZ con RG (0.974**), ambos son estimaciones del rendimiento, cuya única diferencia es el peso del olote. El RMZ y DMZ, el DMZ y DOL, así como, la LMZ y NGH están altamente correlacionados (0.716**, 0.792** y 0.744**, respectivamente), alcanzando el mismo

nivel de probabilidad de significancia DMZ con NHMZ y PMG, DOL y PMG, correlacionaron positivamente. Para LMZ y NGH, su correlación con el DMZ y DOL no fue significativa, el NHMZ y PMG, tampoco correlacionan. Las correlaciones de NHMZ con NGH y PMG, además NGH con PMG, no son estadísticamente significativas, esto indica que son características independientes, que dependen genéticamente de muchos genes o conocidas como de tipo multigénico, por lo que se puede considerar en selección más de una característica como componente de rendimiento y que se garantice un aumento en producción (Moreno- González, *et al.* 2,000).

Cuadro 6 Coeficientes de correlación de rendimiento y componentes de rendimiento en maíz. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

	RMZ	RG	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	PMG
RMZ	-	0.974**	0.716**	0.519**	0.394**	0.520**	0.452**	0.327**
RG		-	0.652**	0.414**	0.377**	0.576**	0.440**	0.315**
DMZ			-	0.792**	0.013ns	0.530**	0.016ns	0.388**
DOL				-	-0.06ns	0.470**	0.008ns	0.215*
LMZ					-	0.018ns	0.744**	0.064ns
NHMZ						-	0.089ns	-0.11ns
NGH							-	-0.15ns
PMG								-

Significancia (p 0.05), ** significancia (p 0.01), y ns no significativo

CONCLUSIONES

Las líneas M1, M5, H11 y H12, fueron las que obtuvieron los valores más altos de rendimiento de mazorca y de grano, resultando también con los valores más altos de aptitud combinatoria general. En lo referente a las cruzas más sobresalientes por su aptitud combinatoria específica fueron 3x20, 7x14 y 1x16, destacando esta última por tener el más alto RMZ y RG.

La cruza 1x12 es un híbrido de los que obtuvieron los valores más altos de rendimientos tanto RMZ, como de RG, con valores negativos de ACE, pero con los mayores valores de ACG de las líneas.

Las mejores cruzas fueron las formadas por líneas de origen UAAAN-UL con las líneas superiores de origen CIMMyT.

El rendimiento de mazorca y de grano presentó una consistencia bien marcada en la correlación con los componentes de rendimiento evaluados en este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar VA, LA García H y A Luevanos G (2000). Impacto social y económico de la ganadería lechera en la Región Lagunera. Grupo industrial LALA. Séptima Edición. Torreón, Coahuila. 207 p
- Andrade FH, Echarte, R Rizzalli, A Della Maggiora, and M; Casanovas (2002). Kernel number prediction in maize under nitrogen or water stress. *Crop sci.* 42: 1173-1179.
- Antuna G O, F Rincón S, E Gutiérrez del R, N A Ruiz T y L Bustamante G (2003). Componentes genéticos de caracteres agronómicas y de calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 26(1): 11-17.
- Betrán FJ, JM Ribaut, D Beck and D González de León (2003). Genetic diversity, specific combining ability, and heterosis in tropical maize under stress and non-stress environments. *Crop sci.* 43: 797-806.
- Borlaug NE (1999). How to feed the 21st century? The answer is science and technology. *The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops.* JG Coors and S Pandey ED. p 21.

- Borrás L, ME Otegui (2001). Maize kernel weight response to post flowering source-sink ratio. *Crop sci.* 49: 1816-1822.
- Comstock R E, H F Robinson (1948). The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics* 4:254-266.
- De la Cruz LE, E Gutiérrez del R, A Palomo G, y S Rodríguez H (2003). Aptitud Combinatoria y Heterosis de líneas de maíz en La Comarca Lagunera. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 26 (4): 279-284.
- De la Cruz LE, S Rodríguez H, MA Estrada B, JD Mendoza P (2005) Análisis dialélico de líneas de maíz QPM para características forrajeras. *Universidad y Ciencia* Vol. 21 (41): 19-26.
- De la Rosa A, H de León, G Martínez, F Rincón (2000) Heterosis, habilidad combinatoria y diversidad genética en híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.) *Agronomía Mesoamericana* 11 (1): 113-122.
- Duvick D N (1992). Genetic contribution, to advances in yield of U. S. A. maize. *Maydica* 37: 69-79.
- Duvick D N (1999). Heterosis: Feeding people and protecting natural resources. *The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops.* JG Coors and S Pandey Ed. p 21.
- Duvick DN and Cassman KG (1999) Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-Central United States. *Crop Sci.* 39: 1622-1630.
- Echarte L, FH Andrade, CRC Vega, M tollenaar (2004). Kernel number determination in Argentinean maize hybrids released between 1965 and 1993. *Crop Sci.* 44: 1654-1661.

- Griffing B (1956). A generalized treatment of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity*, 10:31-50
- Gutiérrez del RE, A Palomo G, A Espinoza B y E De La Cruz L (2002) Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en La Comarca Lagunera, México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 25 (3) 271-277.
- Kang SM, Kushairi DA, Zhang Y, and Magari R (1999) Combining ability for rind puncture resistance in maize. *Crop Sci.* 39: 368-371.
- Luna, F M, y R Gutiérrez S (1993). Efectos de la selección familiar sobre la floración y componentes de rendimiento en maíz. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol.: 16: 151-160.
- Malacarne MF y FM San Vicente G (2003). Patrones heteróticos de líneas tropicales blancas de maíz. *Agronomía tropical.* Vol. 53 (4): 32-40.
- Márquez SF (1991) *Geotécnica Vegetal. Métodos y teoría.* Tomo III. AGT EDITOR
- Moreno PE del C, D Lewis B, T Cervantes S, y JL Torres F (2002) Aptitud combinatoria de líneas de maíz de Valles Altos en suelos con alto y bajo contenido de nitrógeno. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 25 (3):253-259.
- Moreno-Gonzalez J, Martinez I, Brichette I, Lopez A, and Castro P (2000) Breeding potential of European flint and U. S. Corn Belt dent maize populations for forage use. *Crop Sci.* 40: 1588-1595.
- Peña RA, G Núñez H, F González C (2003) Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. *Téc. Pecu. Méx.* 41(1):63-74.
- Reta S DG, A Gaytán M, J S Carrillo A (1998). Respuesta del maíz a densidades de población y métodos de siembra. I. Rendimiento y sus componentes. *Cienc. Agropecu. FAUNAL.* 8:11-16.

- Reyes L D, J D Molina G, M A Oropeza R, E del C Moreno P (2004). Cruzas dialélicas entre líneas autofecundadas de maíz derivadas de la raza tuxpeño. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 27 (1): 49-56.
- Russell WA (1991). Genetic improvement of maize yield. *Adv. Agron.* 46: 245-298.
- Sierra M, F Marquez, R Valdivia, O Cano, FA Rodríguez (2000) Aptitud combinatoria general y específica de líneas tropicales de maíz usando probadores. *Agronomía mesoamericana.* 11(1): 103-112.
- Soengas P, Ordás B, Malvar RA, Revilla P, and Ordás A (2003) Heterotic Patterns among Flint Maize Populations. *Crop Sci.* 43:844-849.
- Sprague GF. and LA Tatum (1942) General versus specific combining ability in single crosses of corn. *J. Amer. Soc. Agron.* 34:923-932
- Tolleenar M, J Wu. (1999). Yield improvement in temperate maize is attributable to great stress tolerance. *Crop sci.* 39: 1597-1604.
- Vergara A N, S K Vasal, S D McLean, G Srinivasan, S Rodriguez H (1997) Heterosis and combining ability among long and short-ear maize inbred lines. In: CIMMYT 1997. Books of abstracts. The genetic and exploitation of heterosis in crops. An International Symposium. México, D. F. pp 198-199.

HETEROSIS Y COMPONENTES GENETICOS DE MAÍZ DE GRANO PARA RENDIMIENTO Y LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS, COMARCA LAGUNERA, MEXICO

HETEROSIS AND GENETIC COMPONENTS OF YIELD GRAIN CORN AND TRAILS AT THE COMARCA LAGUNERA, MÉXICO

Emiliano Gutiérrez del Río¹, Raúl Wong Romero*, Arturo Palomo Gil¹, Hugo Córdoba Orellana² Armando Espinoza Banda¹

¹Investigadores en mejoramiento de plantas del Departamento de Fitomejoramiento, Correo electrónico: guredelrio@hotmail.com Tel (871) 7 20 53 81. * Alumno de doctorado en producción agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Periférico y Car. a Santa Fe. Torreón, Coahuila. Tel y Fax 01 (871) 733 1210 y 733 1090 Ext. 129 y 130. ²Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) Apdo. Postal 6-641, 06600 México, D. F.

RESUMEN

Al final del siglo pasado, el maíz ocupó el tercer lugar mundial alimentario con producciones anuales superiores a los 500 millones de toneladas donde EE UU encabeza la lista de países productores con el 38% de la producción, mientras que México solo contribuye con el 3%. A nivel nacional el promedio de producción es de 2.7 t ha⁻¹ y en la Comarca Lagunera es de 3.3 t ha⁻¹ aun cuando se han reportado rendimientos experimentales hasta de 13 t ha⁻¹. El objetivo del presente trabajo fue determinar los componentes genéticos y la heterosis de cruzas simples de maíz de grano e identificar las mejores combinaciones híbridas para producir y comercializar en el corto plazo, para tal fin se cruzaron en la primavera del 2004 dos grupos de 10 líneas c/u formados con materiales endogámicos de la UAAAN-UL, INIFAP y CIMMYT, siguiendo un diseño de apareamiento genético de Carolina del Norte II. Las 100 cruzas obtenidas se evaluaron en el verano del mismo año bajo un diseño experimental de bloques al azar con dos repeticiones. las características evaluadas fueron: Rendimiento de mazorca (RMZ) y grano (RG), diámetro de mazorca (DMZ) y olote (DOL), longitud de mazorca (LMZ), número de hileras por mazorca (NHMZ), número de granos por hilera (NGH) y peso de mil granos (PMG). El macho 1 y la

hembra 12, fueron las líneas que mostraron los valores más altos de rendimiento de mazorca (RMZ) y de grano (RG). Las varianzas de dominancia (σ^2_D) fueron superiores a las aditivas (σ^2_A) reflejándose en el grado de dominancia (d). La cruza 3x20 fue la que obtuvo los valores más altos de heterosis para RMZ y RG, tanto con relación al progenitor medio (h) como al mejor progenitor (\hat{h}).

Palabras clave: Heterosis, componentes genéticos, correlaciones

ABSTRACT

At the end of the last century corn ranked third in the world food production with more than 500 millions t of annual corn production. EE UU is in top of producer's countries, with 38% world production, the contribution of Mexico only is 3%. The national average maize yield is 2.7 t ha⁻¹ and in the Comarca Lagunera, is 3.3 t ha⁻¹ although experimental reported is up to 13 t ha⁻¹. The objective of this work was to determine heterosis and the genetic components from maize single crosses and to select superior hybrids to intervene in the seed industry in a short time. In spring 2004 there were crossed two groups of ten lines each including inbred lines from UAAAN-UL, INIFAP and CIMMYT, using a North Carolina II mating designs. The 100 single crosses obtained, were evaluated in the summer same year in a complete randomized block design with two replications, the evaluated traits were: ear yield (RMZ), grain yield (RG), ear diameter (DMZ), cob diameter (DOL), ear length (LMZ), row by ear (NHMZ), number of grains by row (NGH) and weight of a thousand grains (PMG). The male 1 and the female 12 were the inbred lines with highest ear yield (RMZ) and grain yield (RG). The dominance genetic variances (σ^2_D), were highest values than the additive variances (σ^2_A) it was showing in the dominance degree (d). The 3x20 cross showed highest mid and best parents heterosis.

Key words: Heterosis, genetic components, correlations

INTRODUCCIÓN

El maíz todavía hoy constituye la base de la seguridad alimenticia de muchas comunidades de Latinoamérica y África. En el ámbito nacional en 1999 se produjeron 16,420,118 toneladas, en una superficie de 8,487,705 hectáreas, con un rendimiento promedio de 1.93 toneladas por hectárea. (SAGAR 1999). En la Comarca Lagunera, en el ciclo de producción primavera-verano 1998 se establecieron 26,131 hectáreas en donde el sector social participó con un 59 % de la superficie, obteniendo rendimientos promedio de 3.44 toneladas por hectárea en la superficie regada por bombeo, de 3.2 toneladas por hectárea en la superficie regada por gravedad y 1.5 toneladas por hectárea en siembras de temporal. El sector privado participó con un 41 % de la superficie obteniendo rendimientos promedios de 4.5 toneladas por hectárea con riego por bombeo, de 2.73 toneladas por hectárea en riego por gravedad, y de 0.77 toneladas por hectárea en temporal. Entre ambos sectores produjeron un rendimiento total de 34,461 toneladas en las que se obtuvo un rendimiento promedio de 2.05 toneladas por hectárea considerando temporal y riego. (SAGAR, 1999). El rendimiento experimental de maíz es de 18 toneladas por hectárea de modo que al compararlo con los promedios mencionados anteriormente, es fácil entender que la producción del cultivo es extremadamente baja, tanto en el ámbito nacional como en el ámbito regional, por lo que se deben de buscar alternativas de solución para incrementar los rendimientos.

En los años 80's del siglo pasado el maíz ocupó el tercer lugar mundial alimentario, alcanzando una producción anual en los últimos años superior a los 500 millones de toneladas. EEUU encabeza la lista de países productores, con el 38% de la producción, seguido de China (21%), Brasil (7%), y México (3%), El rendimiento nacional por unidad de superficie actualmente es de 2.7 t ha⁻¹ mientras que en algunas regiones de la república como el Sureste se obtiene una producción de 5.0 t ha⁻¹, en Jalisco y Valles Altos de 6.0 t ha⁻¹, Guanajuato e Hidalgo de 8.0 t ha⁻¹, en Sinaloa 8.9 t ha⁻¹, y en La Comarca Lagunera de 3.3 t ha⁻¹, mientras que

el rendimiento potencial a nivel experimental en La Comarca Lagunera es de 13 t ha⁻¹ (Reta, et al.1998).

El rendimiento de grano del maíz en EEUU se ha incrementado de un 40-50% por el cambio a mejores prácticas de manejo como el incremento de fertilizante nitrogenado y altas densidades de población y de un 50-60% por el mejoramiento genético (Duvick, 1992). Este último es un proceso continuo y constante en la formación de nuevas variedades e híbridos comerciales. El conocimiento de los diversos tipos de acción génica y la importancia de estos en la determinación de ciertos caracteres de interés, es básico para lograr avances rápidos en un programa de mejoramiento genético. Para conocer la acción génica de caracteres cuantitativos, que permiten determinar la aptitud combinatoria de los padres, seleccionar los mejores progenitores y diseñar los métodos de mejoramiento más eficientes, se han desarrollado sistemas de apareamiento o diseños genéticos (Comstock y Robinson, 1948 y Griffing, 1956).

La formación y producción de híbridos se basa en explotar el fenómeno denominado “heterosis”, Shull en 1914 usó este término, pero no incluyó una descripción de los mecanismos genéticos involucrados en la expresión (Hallauer y Miranda 1988). Márquez (1988), hace una interpretación del concepto sugerido por Shull (1918), como: El mayor vigor, tamaño, fructificación, velocidad de desarrollo, resistencia a plagas y enfermedades, o a regiones climáticas de cualquier clase, manifestado por los organismos cruzados al compararse con los organismos endogámicos correspondientes, como resultados específicos de la disimilitud en la constitución de los gametos paternos. Sin embargo, durante el proceso de la selección es importante considerar, no solo los efectos lineales del genotipo y el ambiente, sino también las interacciones del genotipo por el ambiente ya que este tipo de interacción puede afectar la eficacia de la selección debido a problemas de adaptación, lo que implica la necesidad de desarrollar programas de mejoramiento específicos para cada ambiente en particular. Por tanto,

es necesario implementar programas agresivos de formación y producción de materiales híbridos de maíz a corto plazo que cumplan con las expectativas de producción y adaptación para el norte de México en donde se encuentra ubicada La Comarca Lagunera.

Con base en lo anterior el presente trabajo tiene como objetivo identificar los componentes genéticos de híbridos de maíz a partir de líneas del programa de mejoramiento genético de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), determinar los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) de los padres y la Aptitud Combinatoria Específica (ACE) para las mejores cruzas, así como su caracterización, considerando la estimación de los componentes genéticos de algunos rasgos agronómicos.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), en Torreón, Coahuila, localizado geográficamente entre los paralelos 24° 30' y 27° LN y 102° y 104° 40' LO, con una altura de 1150 nsm y un clima seco y caluroso. En la primavera del 2004, se realizaron las cruzas simples posibles entre dos grupos de 10 líneas y en el verano, se llevó a cabo la evaluación de las F1. El material genético utilizado en el estudio, proviene de tres programas, seis líneas de alta endogamia de la UAAAN-UL, tres líneas de origen Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), y once líneas del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), que a continuación se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción y origen de las Líneas de maíz participantes como progenitores en la formación de los híbridos simples, UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

Padres	Origen	Descripción de las líneas
M ₁	L-AN 123 R	Línea de alta endogamia formada de variedad Criolla del municipio de Concepción, Jalisco con precocidad y tolerancia a sequía.
M ₂	L-AN 447	Línea de 8 autofecundaciones, derivada de generaciones avanzadas del Híbrido AN-447 con amplia adaptabilidad.
M ₃	L-AN 360 PV	Línea obtenida de la población enana denominada Pancho Villa, vigorosa y con hojas anchas.
M ₄	L-AN 130	Proviene de la F4 del H-507, cruzada con la población de El Bajío denominada Celaya-2.
M ₅	L-AN 123	Obtenida de forma divergente y contrastada de var. Criolla de Jal. de hojas pálidas y onduladas.
M ₆	L-AN 388R	Línea enana, con hojas anchas y suculentas generada a partir de la F3 del híbrido AN-388.
M ₇	L B-32	La cual esta identificada como INIFAP H-353-245-6-10.
M ₈	L B-39	Cuyo origen proviene de INIFAP-B39
M ₉	L B-40	Con origen de formación en INIFAP-B40
M ₁₀	CML-319	CIMMyT. RecyW89(Cr.Arg/CIM.ShPINPH)6-3-2-4-B-B.
H ₁₁	CML-264 Pob21	CIMMyT, POB21C5F219-3-1-B- ##-8-1-3-BBB-f.
H ₁₂	CML-316	CIMMyT, Pob500P500c0F114-1-1-B*3.
H ₁₃	CML-254 Pob21	CIMMyT, TUXSEQ-149-2-BBB-##-1-BB-f.
H ₁₄	CML-313	CIMMyT, Pob501c0F6-3-3-2-1-B-B.
H ₁₅	CML-273 Pob43	CIMMyT, (AC7643*43F7)-2-3-2-1-BB-f.
H ₁₆	CML-247 Pool24	CIMMyT, (G24F119*G24F54)-6-4-1-1-BB-f.
H ₁₇	CML-271 Pob29	CIMMyT, POB29STEC1HC25-6-4-1-#-BBB-f.
H ₁₈	CML-311	CIMMyT, Pob500S89500 F2-2-2-2-B*5
H ₁₉	CML-278 Pob43	CIMMyT, DMANTES8043-53-1-1-B-##-1- BB-f.
H ₂₀	CML-315	CIMMyT, Pob500P500c0F246-4-1-2-2-B*3

Se denomino M a las líneas usadas como machos y H a las usadas como hembras.

Las 100 cruzas directas resultantes, donde las líneas identificadas del 1 al 10 se usaron como machos y las líneas del 11 al 20 como hembras, se evaluaron bajo un diseño experimental de bloques al azar, con dos repeticiones. La parcela experimental fue de un surco de tres m de largo y 0.70m de ancho, con seis plantas por metro, para tener una población aproximada de 85,000 plantas ha⁻¹ el riego se aplicó con cintilla, procurando mantener un buen nivel de humedad durante el ciclo. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de mazorca (RMZ), y grano (RG), diámetro de mazorca (DMZ) y olote (DOL), longitud de mazorca (LMZ), número de hileras por mazorca (NHMZ) y de granos por hilera (NGH) y peso de 1000 granos (PMG). Se realizó el análisis genético con el diseño II de apareamiento de Carolina del Norte ideado por Comstock y Robinson en el año de 1948, cuyo modelo lineal es:

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + H_j + \delta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde, $i=1,2,\dots,m$ (machos); $j=1,2,\dots,h$ (hembras); $k=1,2,\dots,r$ (rep); Y_{ijk} =observación de la craza entre el i -esimo macho y la j -esima hembra en la k -esima repetición; μ =Media general; M_i y H_j =Efecto del i -esimo macho y j -esima hembra; δ_{ij} =Efecto de la interacción del i -esimo macho con la j -esima hembra; ϵ_{ijk} =error experimental

El porcentaje de heterosis de las cruzas se estimó con respecto al progenitor medio (h) y con respecto al progenitor superior (h'), con el comportamiento de las características evaluadas de las cruzas (Cuadro 2) y el comportamiento promedio de las líneas macho y hembra que intervienen en las cruzas (Cuadro 1), con las siguientes formulas:

$$h = ((F_1 - P_m) P_m^{-1}) 100\% \quad \text{y} \quad h' = ((F_1 - P_s) P_s^{-1}) 100\%$$

Donde, F_1 = primera generación filial de la craza;

$$P_m = \text{progenitor medio } (P_i + P_j) 2^{-1} \quad \text{y} \quad P_s = \text{progenitor superior.}$$

Con los cuadrados medios y sus esperanzas, se estimaron la varianza génica aditiva (σ^2_A), de dominancia (σ^2_D), fenotípica (σ^2_f); el grado de dominancia (d) y la heredabilidad en sentido estricto (h^2), usando las formulas siguientes para su estimación

$d = ((2 \sigma_D) (\sigma_A)^{-1})^{-2}$ y $h^2 = (\sigma_A) (\sigma_F)^{-1} 100\%$. Los coeficientes de correlación fueron obtenidos mediante la siguiente ecuación: $r = \text{cov}(xy) (\sigma_x^2 \sigma_y^2)^{-1}$ donde, el numerador indica la covarianza fenotípica de las medias entre dos caracteres y el denominador, el producto de las varianzas fenotípicas de cada carácter.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Componentes de rendimiento de grano

En el Cuadro 2, se muestra los comportamientos promedios del rendimiento y sus componentes de las líneas endogámicas de maíz en todas sus cruzas, observándose que los machos M₁ y M₅ y las hembras H₁₂ y H₁₁ resultaron con los mejores rendimientos de mazorca (RMZ) y grano (RG), siendo el diámetro de mazorca (DMZ), el número de hileras por mazorca (NHMZ) y el número de granos por hilera (NGH) los que más contribuyeron en la superioridad mostrada por el macho 1, y el diámetro de olote (DOL) y el número de hileras por mazorca (NHMZ) para la hembra 12 estos caracteres inciden en el número de granos y en el rendimiento, lo cual coincide con lo encontrado por Reta *et al.* (1998); El macho 5 y la hembra 11, fueron superiores estadísticamente para rendimiento de mazorca (RMZ), pero no conservaron dicha superioridad para el rendimiento de grano (RG), lo cual es respaldado por lo encontrado por Peña *et al.* (2003) quienes reportan que no todos los genotipos de maíz tienen una correlación positiva entre rendimiento de mazorca con rendimiento de grano, ya que existen otros factores que hacen alteraciones; siendo los valores significativos de la longitud de mazorca (LMZ) y el número de granos por hilera (NGH) para el macho 5, de la misma manera los valores más elevados para el diámetro de mazorca (DMZ), diámetro de olote (DOL), longitud de Mazorca (LMZ) y número de granos por hilera (NGH) fueron para

la hembra 11, los que mayormente contribuyeron a estos resultados, esto puede ser explicado en términos de que tanto el DMZ, que permite un acomodo mayor de hileras, como la LMZ, que permite un mayor número de granos por hilera, nos resulta en un mayor número de granos en la mazorca (Luna y Gutiérrez, 1993).

Cuadro 2. Comportamiento promedio de rendimiento y sus componentes, promedio de cruzas entre líneas endogámicas de maíz usadas como machos y hembras. Diseño II de Carolina del Norte. Ciclo verano, UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

Líneas	RMZ Kg ha ⁻¹	RG Kg ha ⁻¹	DMZ cm	DOL Cm	LMZ cm	NHMZ n ^o	NGH n ^o	PMG g
M ₁	10093*	7727*	4.5*	2.8	15.5	16.7*	35.6*	190
M ₂	8339	6151	4.4	2.7	15.1	14.3	31.8	202
M ₃	8873	6161	4.7*	3.0*	13.5	15.2	27.3	211
M ₄	8846	6474	4.4	2.8	14.3	13.7	31.6	211
M ₅	9506*	7078	4.3	2.7	16.3*	15.2	36.5*	185
M ₆	8866	6713	4.4	2.7	14.6	14.9	29.5	217
M ₇	8073	6060	4.3	2.6	15.1	14.2	31.5	232*
M ₈	8423	6000	4.4	2.8	15.5	14.5	34.6	200
M ₉	8425	6161	4.2	2.6	15.1	14.1	31.0	210
M ₁₀	7968	5683	4.2	2.5	15.7*	13.6	30.4	211
H ₁₁	9724*	7117	4.5*	2.8*	15.8*	14.7	34.3*	223
H ₁₂	10060*	7946*	4.2	2.8*	14.8	17.3*	30.6	213
H ₁₃	8567	6158	4.2	2.6	15.4*	12.8	33.5*	223
H ₁₄	8611	6324	4.4*	2.7	16.0*	13.8	31.4	226*
H ₁₅	8482	6068	4.3	2.7	15.9*	14.1	32.1	199
H ₁₆	8969	6494	4.5*	2.9*	14.1	14.7	30.6	222
H ₁₇	8724	6473	4.5*	2.8*	14.3	15.5	29.4	207
H ₁₈	8754	6200	4.5*	2.9*	15.6*	14.8	34.4*	193
H ₁₉	7927	5606	4.2	2.6	13.8	14.3	31.3	181
H ₂₀	7594	5822	4.0	2.5	14.8	14.4	32.4	187

RMZ= rendimiento de mazorca, RG= rendimiento de grano, DMZ=diámetro de mazorca, DOL= diámetro de mazorca, LMZ= longitud de mazorca, NHMZ= número de hileras por mazorca, NGH= número de granos por hilera y PMG= peso de 1000 granos. * Significancia al 5%

Los promedios de rendimiento de mazorca (RMZ) y grano (RG) y sus componentes complementarios, de las 15 mejores cruzas se pueden observar en el Cuadro 3, donde se encontró que las cruzas más sobresalientes en rendimiento de mazorca (RMZ) fluctúan

entre 10.5 y 12.5 t ha⁻¹, correspondiendo también a las mejores en rendimiento de grano (RG), que tienen un rango de variación de 7.9 a 9.6 t ha⁻¹, valores que al promediarse dan una media de rendimiento de 8.75 t ha⁻¹, que resulta superior al mejor híbrido comercial de la región (Gutiérrez *et al* 2002) . Para diámetro de mazorca (DMZ) y de olote (DOL), sus variaciones son desde 4.82 a 4.35 cm y de 2.94 a 2.65 cm respectivamente. Para longitud de mazorca (LMZ) se encontraron diferencias en valores desde 14.2 hasta 17.6 cm, para el número de hileras por mazorca (NHMZ) y de granos por hilera (NGH) se presentaron valores desde 14 hasta 20 y de 28.4 hasta 37.4 respectivamente, para el peso de mil granos (PMG) las variaciones en valores van desde 179 g hasta 273 g.

Cuadro 3. Promedios de rendimiento y sus componentes de las mejores 15 cruzas de maíz resultantes del diseño II de Carolina del Norte, ciclo agrícola de verano UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

Cruza	RMZ kg ha ⁻¹	RG kg ha ⁻¹	DMZ cm	DOL cm	LMZ cm	NHMZ	NGH	PMG G
1x16	12550 *	9656 *	4.81 *	2.94*	15.45	17	35.5*	225
6x12	11702 *	9557 *	4.82 *	2.93*	14.95	20*	29.7	234*
6x11	11681 *	8933 *	4.58	2.76	17.60*	16	38.2*	240*
1x12	10864	8924 *	4.66	2.87*	16.00*	20*	34.0	192
5x17	11754 *	8908 *	4.74 *	2.93*	16.10*	17	33.8	210
2x11	11541	8906 *	4.67	2.81*	16.30*	14	36.0*	219
5x12	11115	8769	4.51	2.83*	16.70*	17	36.4*	179
3x20	11185	8672	4.62	2.90*	14.20	15	30.4	208
4x12	11064	8628	4.71 *	2.90*	15.10	17	28.4	236*
2x12	10375	8359	4.65	2.84*	14.25	17	29.9	235*
1x15	11033	8279	4.55	2.65	16.60*	16	37.4	190
7x12	10012	8263	4.60	2.66	14.85	16	32.4	205
6x13	10645	8223	4.48	2.78	16.33*	14	37.0	230
9x12	10470	8083	4.35	2.67	15.50	16	32.0	211
7x14	10532	7990	4.55	2.65	17.50*	14	32.9	273*

indica una significancia del 5%.

Los componentes de rendimiento que más contribuyeron al rendimiento de grano fueron: longitud de mazorca, granos por hilera y peso de mil granos, en la cruza 6x11,

mientras que para la cruz 6x12, el número de hileras por mazorca y peso de mil granos, fueron los que más contribuyeron al rendimiento.

De acuerdo a la amplitud de los rangos, existe una variación amplia entre los valores de cada característica evaluada, por lo que se considera que algunos componentes de rendimiento influyen en los resultados más que otros, considerando que al conjuntarse por recombinación y selección en líneas contrastantes podrían resultar patrones heteróticos definidos, o bien como lo comenta Duvick (1992), que los híbridos altamente rendidores obtienen su rendimiento, no solo de la heterosis, sino también de otros factores hereditarios, que no son necesariamente influenciados por la heterosis, por lo que se debe de conocer la importancia relativa de cada contribución genética, en la producción de grano en los híbridos.

Estimaciones de heterosis de las cruzas

El porcentaje de heterosis con relación al progenitor medio (h) y al progenitor superior (h'), se encuentran en el cuadro 4, donde se observa que para RMZ el valor más elevados de heterosis con relación al progenitor medio (h) fueron de 35.8 % y 31.6 %, obtenidos por las cruzas 3x20 y 1x16 respectivamente, estas mismas cruzas muestran los valores mas elevados para heterosis con respecto al progenitor superior (h'), con porcentajes de 26 % y 24.3 % para la misma característica, repercutiendo fuertemente en el rendimiento de grano (RG), dando los valores más elevados tanto para (h) como para (h'), con 44.7% y 40.7% para la cruz 3x20, además 24.3% en progenitor medio y 36.5% para el progenitor superior en la cruz 1x16; Dichos valores superan las observaciones hechas por Vasal y Córdova (1996), De la Cruz *et al* (2003), indican que en el mejoramiento de plantas, las cruzas cuando menos deberán mostrar un 20% de

heterosis para que esté dentro de un nivel deseable de aprovechamiento del híbrido. La heterosis en relación al mejor progenitores es la que más interesa desde el punto de vista económico, este valor fue ampliamente expresado en la cruce 3x20, obteniéndose un valor relevante de 40.7 %. La heterosis encontrada en el presente trabajo, nos indica que se encuentra expresada cuando es estimada considerando al progenitor medio (h), como al Progenitor más sobresaliente (h') por encima de los niveles deseados tanto para RMZ como para RG, coincidiendo con lo reportado por (Gutiérrez *et al*, 2002 y De La Cruz *et al*, 2003). Para el resto de las características encontramos valores bajos tanto positivos como negativos lo que nos indica que la heterosis para estos caracteres no es considerada sobresaliente ya que no superaron lo mínimo recomendable por algunos mejoradores de maíz para grano.

Cuadro 4. Por ciento (%) de heterosis de 15 cruces más sobresalientes, estimada con respecto al progenitor medio (h) y al progenitor superior (h') para las ocho variables consideradas como componentes de rendimiento, ciclo verano UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

cruza	RMZ		RG		DMZ		DOL		LMZ		NHMZ		NGH		PMG	
	h	h'	h	h'												
1x16	31.6	24.3	36.5	24.9	6.8	6.8	3.1	1.4	4.4	-0.3	8.2	1.7	7.2	-0.2	9.2	1.3
6x12	23.6	16.3	30.3	20.2	12.1	9.5	6.5	4.6	1.7	1.0	26.5	15.6	-1.1	-2.9	8.8	7.8
6x11	25.6	20.1	29.1	25.5	2.9	1.8	0.4	-1.4	15.7	11.3	8.1	7.3	19.7	11.3	9.0	7.6
1x12	7.8	7.5	13.8	12.3	7.1	3.5	2.5	2.5	5.6	3.2	17.6	15.6	2.7	-4.4	-4.7	-9.8
5x17	28.9	23.6	31.4	25.8	7.7	5.3	6.5	4.6	5.2	-1.2	10.7	9.6	2.5	-7.3	7.1	1.4
2x11	27.7	18.6	34.4	25.1	4.9	3.8	2.1	0.4	5.5	3.1	-3.4	-4.7	8.9	4.9	3.0	-1.7
5x12	13.6	10.4	16.7	11.0	6.1	4.9	2.9	1.1	7.3	2.4	4.6	-1.7	2.8	-0.2	-10.0	-15.9
3x20	35.8	26.0	44.7	40.7	6.2	-1.7	5.4	-3.3	0.3	-4.0	1.3	-1.3	1.8	-6.1	4.5	-1.4
4x12	17.0	9.9	19.6	8.5	9.5	7.0	3.5	3.5	3.7	2.0	7.5	-1.7	-8.6	-10.1	11.3	10.7
2x12	12.7	3.1	17.1	5.1	8.1	5.7	3.2	1.4	-4.6	-5.6	6.3	-1.7	-4.1	-5.9	13.2	10.3
1x15	18.7	9.3	20.0	7.1	3.4	1.1	-3.6	-5.3	5.7	4.4	3.8	-4.1	10.4	5.0	-2.3	-4.5
7x12	10.4	-0.4	17.9	3.9	8.2	6.9	-1.4	-5.0	-0.6	-1.6	1.5	-7.5	4.3	2.8	-7.8	-11.6
6x13	22.1	20.0	27.7	22.4	4.2	1.8	4.9	2.9	8.8	6.0	1.0	-6.0	17.4	10.4	4.5	3.1
9x12	13.2	4.0	14.5	1.7	3.6	3.6	-1.1	-4.6	3.7	2.6	14.6	-7.5	3.8	3.2	-0.2	-0.9
7x14	26.2	22.3	30.6	26.3	4.6	3.4	0	-1.8	12.5	9.3	1.4	-1.4	4.6	4.4	19.2	17.6

RMZ= rendimiento de mazorca, RG= rendimiento de grano, DMZ=diámetro de mazorca, DOL= diámetro de mazorca, LMZ= longitud de mazorca, NHMZ= número de hileras por mazorca, NGH= número de granos por hilera y PMG= peso de 1000 granos.

Correlaciones del rendimiento y sus características

De acuerdo a los indicadores de correlación (cuadro.5), donde lo que más sobresale es que los rendimientos de mazorca (RMZ) y grano (RG) correlacionan positivamente y significativamente con el resto de las características, especialmente los de mayor importancia en su expresión (Luna y Gutiérrez, 1993). Así tenemos que, el diámetro de mazorca (DMZ) y olote (DOL) están altamente correlacionada, alcanzando el mismo nivel de probabilidad de significancia con el número de hileras por mazorca (NHMZ); La longitud de mazorca (LMZ) y número de granos por hilera (NGH) son características que mantienen una relación muy estrecha.

Cuadro 5. Estimación de los coeficientes de correlación de rendimiento y componentes de rendimiento en maíz. Ciclo verano UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

RMZ	RG	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	PMG	
1.00	0.974**	0.716**	0.519**	0.394**	0.520**	0.452**	0.327**	RMZ
	1.00	0.652**	0.414**	0.377**	0.576**	0.440**	0.315**	RG
		1.00	0.792**	0.013ns	0.530**	0.016ns	0.388**	DMZ
			1.00	-0.06ns	0.470**	0.008ns	0.215*	DOL
				1.00	0.018ns	0.744**	0.064ns	LMZ
					1.00	0.089ns	-0.11ns	NHMZ
						1.00	-0.15ns	NGH
							1.00	PMG

RMZ= rendimiento de mazorca, RG= rendimiento de grano, DMZ=diámetro de mazorca, DOL= diámetro de mazorca, LMZ= longitud de mazorca, NHMZ= número de hileras por mazorca, NGH= número de granos por hilera y PMG= peso de 1000 granos.

Estimación de las varianzas genéticas

En el Cuadro 6, se pueden observar las varianzas fenotípica (σ^2_F), y genéticas como (σ^2_A) y (σ^2_D), grado de dominancia (d), heredabilidad en sentido estrecho (h^2) y Medias, de rendimiento y sus componentes en rendimiento de grano de maíz, encontrando que para el rendimiento de mazorca (RMZ) y grano (RG) las varianzas de dominancia (σ^2_D) fueron 6 y 4 veces superiores a las varianzas aditivas (σ^2_A) respectivamente, el grado de

dominancia para estas mismas características fueron de 3.488 y 2.950 en el mismo orden, lo que indica expresiones de sobredominancia y de efectos heteróticos de acuerdo a la clasificación de Falconer (1985). El valor de heredabilidad para RMZ fue de 12.31% y para RG 16.4% los cuales resultaron relativamente bajos como la mayoría de los caracteres de herencia múltiple (Hallauer y Miranda, 1988). Para diámetro de mazorca (DMZ) y olote (DOL) los efectos de las varianzas aditivas son mayores que los de dominancia, repercutiendo en los valores bajos de grado de dominancia (d) expresando la existencia de una dominancia de tipo parcial con valores de 0.627 y 0.839, de tal manera que estas dos características presentan valores relativamente altos de heredabilidad (h^2) con 44.22% y 62.38 % (Duvick, 1992). Número de hileras por mazorca y peso de mil granos dos componentes estrechamente asociados con rendimiento, presentaron valores de heredabilidad en sentido estrecho de 59.90 % y 56.68 % respectivamente lo cual se considera alto al ser caracteres controlados por varios pares de genes.

Cuadro 6. Varianzas fenotípicas (σ^2_F), aditivas (σ^2_A), de dominancia (σ^2_D), grado de dominancia (d), heredabilidad (h^2), y valor medio, de las ocho características de maíz evaluadas en el ciclo de verano. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004

Carácter	σ^2_F	σ^2_A	σ^2_D	d	h^2	Medias
RMZ	8,664,861	1,066,896	6,492,552	3.488	12.31	8,741 Kg ha ⁻¹
RG	6,318,155	1,036,534	4,532,084	2.950	16.40	6,420 Kg ha ⁻¹
DMZ	0.200	0.088	0.017	0.627	44.22	4.3 cm
DOL	0.190	0.068	0.024	0.839	62.38	2.7 cm
LMZ	5.872	2.108	2.716	1.60	35.89	15.0 cm
NHMZ	6.816	4.083	2.022	0.994	59.90	14.6 n ^o
NGH	48.401	18.080	23.948	1.627	37.35	31.9 n ^o
PMG	1502.93	851.980	498.090	1.081	56.68	207.3 g

RMZ= rendimiento de mazorca, RG= rendimiento de grano, DMZ=diámetro de mazorca, DOL= diámetro de mazorca, LMZ= longitud de mazorca, NHMZ= número de hileras por mazorca, NGH= número de granos por hilera y PMG= peso de 1000 granos.

Correlaciones de los componentes genéticos

Las correlaciones simples entre los parámetros genéticos (Cuadro 7), muestran que la varianza fenotípica (σ^2_F), tiene una correlación altamente significativa con las varianzas aditivas (σ^2_A), de dominancia (σ^2_D) y con las medias, este efecto quizá puede ser explicado por la fuerte dependencia que tienen los dos tipos de acción génica para que sea expresada la varianza fenotípica, más que el ambiente y su interacción, condición que se ve beneficiada una respuesta en la media, tal como lo expresan Hallauer y Miranda, (1988). Márquez (1991), de la misma manera la varianza aditiva (σ^2_A) tiene una correlación altamente significativa con varianza de dominancia (σ^2_D) y con las medias, lo que demuestra que no siempre en la formación de híbridos tiene que disminuir la varianza de tipo aditivo, sino que en algunos casos aumentan o disminuyen ambas, Márquez, (1991), además, la varianza de dominancia (σ^2_D), tiene una correlación altamente significativa con las medias, quizá porque predominó la presencia de heterosis. El grado de dominancia (d) y la heredabilidad (h^2) correlacionan en forma negativa, quizás porque a mayor varianza de dominancia la heredabilidad que depende de los genes aditivos tiende a disminuir, Márquez (1991) y de la Cruz (2003), sin embargo, ambos parámetros no tienen correlación con la varianza fenotípica (σ^2_F), varianzas aditivas(σ^2_A) y de dominancia(σ^2_D).

Cuadro 7. Coeficientes de correlación entre los Parámetros genéticos. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

	σ^2_f	σ^2_A	σ^2_D	d	h^2	M
σ^2_f	1.00					
σ^2_A	.99994**	1.00				
σ^2_D	.99988**	.99965**	1.00			
D	-.0331ns	-.0435ns	-.0255ns	1.00		
h^2	.29011ns	.29595ns	.28173ns	-.9139**	1.00	
M	.99464**	.99365**	.99558**	.05161ns	.232ns	1.00

CONCLUSIONES

Los machos M_1 y M_5 y las hembras H_{12} y H_{11} como líneas progenitoras de los híbridos resultaron con los mejores rendimientos de mazorca (RMZ) y grano (RG), además el macho 5 y la hembra 11 fueron superiores estadísticamente para rendimiento de mazorca (RMZ), pero no conservaron dicha superioridad para el rendimiento de grano (RG), por lo tanto existe una variación amplia entre los valores de cada característica evaluada.

Para RMZ el valor más elevados de heterosis con relación al progenitor medio (h) fueron de 35.8 % y 31.6 %, obtenidos por las cruzas 3x20 y 1x16, estas mismas cruzas muestran los valores más elevados para heterosis con respecto al progenitor superior (h'), con porcentajes de 26 % y 24.3 %. Para RG, la cruz 3x20 es la que resultó con los valores más elevados tanto para (h) como para (h'), con 44.7% y 40.7%.

Las varianzas de dominancia (σ^2_D) fueron 6 y 4 veces superiores a las aditivas (σ^2_A) para el rendimiento de mazorca (RMZ) y grano (RG), mientras que para el diámetro de mazorca (DMZ), diámetro de olote (DOL), número de hileras por mazorca (NHMZ), y peso de mil granos (PMG) los valores de σ^2_A fue al menos dos veces mayor a la σ^2_D , sin embargo, predominó la dominancia con respecto a (d).

Las varianzas tipo aditivo (σ^2_A) y no aditivo (σ^2_D) y la varianza fenotípica (σ^2_f) no correlacionaron con heredabilidad (h^2) y grado de dominancia (d), sin embargo, entre los dos tipos de acción génica de los componentes de rendimiento evaluados existe una buena correlación.

AGRADECIMIENTO. Se hace un infinito agradecimiento a las autoridades Administrativas y Técnicas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - Consejo Estatal de ciencia y tecnología de Coahuila (CONACYT- COECYT), zona Regional del Noreste, Monterrey N. L. Méx. y Centro con sede en Saltillo Coahuila, por el apoyo económico otorgado a través del proyecto de FONDOS MIXTOS (FOMIX) denominado **COH-2002-C01-4192.**

LITERATURA CITADA

- Comstock R., E. and Robinson H., F. 1948. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics* 4:254-266.
- De la Cruz L., E.; Gutiérrez del R., E.; Palomo G., A.; y Rodríguez H., S. 2003. Aptitud Combinatoria y Heterosis de líneas de maíz en La Comarca Lagunera. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 26 (4): 279-284.
- De la Cruz L., L.; Ron P., J.; Ramírez D., J. L.; Sánchez G., J. de J.; Morales R., M. M.; Chuela B., M.; Hurtado de la P., S. A.; y Mena M., M. 2003. Heterosis y Aptitud Combinatoria entre híbridos comerciales y germoplasma exótico de maíz en Jalisco, México. *Rev. Fitotec. Méx.* 26 (1): 1-10.
- Duvick D., N. 1992. Genetic contribution, to advances in yield of U. S. A. maize. *Maydica* 37: 69-79.
- Falconer D., S. 1985. Introducción a la genética cuantitativa. CECSA. México. p135.
- Griffing B. 1956. A generalized treatment of diallel crosses. *Heredity* 10:31-50
- Gutiérrez del R., E.; Palomo G., A.; Espinoza B., A.; Cruz de la., L. E. 2002. Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera, México. *Rev. Fitotec. Méx.* 25 (3): 271-277.
- Hallauer A., R. and Miranda J., B. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. 2nd Ed. Iowa State University Press. Ames. U. S. A. 468 p.
- Luna, F., M, y Gutiérrez S., R. 1993. Efectos de la selección familiar sobre la floración y componentes de rendimiento en maíz. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol.: 16: 151-160.

- Márquez S., F. 1988 Genotecnia Vegetal. Métodos y teoría. Tomo II. AGT EDITOR, S. A. P.79-84.
- Márquez S., F. 1991 Genotecnia Vegetal. Métodos y teoría. Tomo III. AGT EDITOR, S.A. p. 45-68.
- Peña R., A., Núñez H., G. y González C., F. 2003. Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de calidad forrajera. Tec. Pecu. Méx. 41:63-74.
- Reta S., D. G.; Gaytán M., A. y Carrillo A., J. S. 1998. Respuesta del maíz a densidades de población y métodos de siembra. I. Rendimiento y sus componentes. Cienc. Agropecu. FAUNAL. 8:11-16.
- Secretaría de Agricultura Ganadería Y Desarrollo Rural. 1999. Anuario estadístico de la producción Agropecuaria y Forestal. Patronato para la Investigación, fomento y Sanidad Vegetal de la Comarca Lagunera. México pp. 130-131.
- Secretaría de Agricultura Ganadería Y Desarrollo Rural. 1998. Anuario estadístico de la producción agropecuaria y forestal. Patronato para la investigación, Fomento y Sanidad Vegetal de la Comarca Lagunera. México p.29-31.
- Vasal S., K. y Córdova O., H. (1996). Heterosis en maíz: acelerando la tecnología de híbridos de maíz de dos progenitores para el mundo en desarrollo. Curso Internacional de Actualización en Fitomejoramiento y Agricultura Sustentable. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Méx. p. 1-7.

COMPONENTES GENÉTICOS EN HÍBRIDOS COMERCIALES DE MAÍZ DE GRANO, USANDO COMO PROBADORES LÍNEAS ENDOGAMICAS

Emiliano Gutiérrez del Río^{1*}, Raúl Wong Romero², Arturo Palomo Gil¹, Hugo Córdova Orellana³, Armando Espinoza Banda¹.

¹Programa de Mejoramiento de Maíz del Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Periférico y Carr. a Santa Fe. Torreón, Coahuila, Correo electrónico: guredelrio@hotmail.com Tel (871) 7 20 53 81, y Fax 01 (871) 733 1210. ²Programa de postgrado en producción agrícola, ³Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) Apdo. Postal 6-641, 06600 México, D. F. * *Autor responsable*

RESUMEN

Este trabajo se realizó en los campos experimentales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, en los ciclos agrícolas de Primavera y verano del año 2004, fueron usadas como probadores machos líneas puras de de maíz de distinto origen, dos de la UAAAN-UL, una del INIFAP y tres que corresponden al CIMMYT, como hembras 14 híbridos de maíz comerciales de diversas compañías semilleras; Las nuevas cruzas formadas fueron evaluadas con el diseño de apareamiento de Carolina del Norte II (Comstock y Robinson 1948), cuyas características o componentes de rendimiento principales: (RMZ) Rendimiento de mazorca, (RG) Rendimiento de grano, (DMZ) Diámetro de mazorca, (DOL) Diámetro de olote, (LMZ) Longitud de mazorca, (NHMZ) Número de hileras por mazorca, (NGH) Número de granos por hilera y (PMG) Peso de mil granos, a los cuales se les estimó la aptitud combinatoria general (ACG), sobresaliendo los progenitores líneas macho 2 y 4, y como hembras los híbridos comerciales 5, 8, 10 y 14, mientras que para la aptitud combinatoria específica (ACE) los valores mas altos fueron para las nuevas cruzas 5x9, 3x11, 3x5, 4x7 y 4x3. Al estimar los parámetros genéticos , la varianza de dominancia

superó a la varianza aditiva en una magnitud considerable como se observa en el gado de dominancia (d) , a excepción de el peso de mil granos que resultó a la inversa, estos valores fueron reflejados en los porcentos bajos de heredabilidad, excepto para DOL.

Palabras clave: Probadores, Aptitud combinatoria, componentes de rendimiento y genéticos

SUMMARY

This work was carried out at the experimental fields of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, on the agricultural cycles of spring and summer 2004. Different origin corn inbred lines used as tester were considered as male, two from UAAAN-UL, one from INIFAP and three from the CIMMYT. Fourteen commercial corn hybrids from the seed industry were used as female. The newly-formed crosses were evaluated under North Carolina as, mating design II (Comstock y Robinson 1948) considering the following traits: (RMZ) ear yield, (RG) grain yield, (DMZ) ear diameter, (DOL) corn cob diameter, (LMZ) ear length, (NHMZ) rows per ear, (NGH) seed per row and one thousand kernel weight (PMG). General combine ability (CGA) estimates identify male lines 2 and 4 and female commercial hybrids 5, 6, 10 and as outstanding. As for specific combinatory ability (SCA), new crosses 5x9, 3x11, 3x5, 4x7 y 4x3 were found to be outstanding. Genetic parameters estimates showed the dominance variance top additive variance by a considerable margin as demonstrated by the dominance (d). Exception made on the one thousand kernel weight, the showed opposite results. These values were reflected on the low inheritance percentages, except for DOL.

Index words: Testers, combinatory ability, performance and genetic parameters.

INTRODUCCIÓN

La hibridación como método de mejoramiento de plantas, se entiende como el aprovechamiento de la generación F1 proveniente del cruzamiento entre dos poblaciones P1 y P2 (poblaciones paternas o líneas puras). Las poblaciones pueden ser líneas endogámicas, variedades de polinización libre, criollos, variedades sintéticas o las mismas poblaciones F1 o híbridos (Márquez, 1988; Chávez, 1995). Se han realizado investigaciones para conocer la diversidad y heterosis entre híbridos comerciales para grano (Morales, *et al.* 2002), y también para forraje (Espinoza, *et al.* 2002 y Gutiérrez *et al.* 2004), así como entre híbridos comerciales y poblaciones exóticas (De la Cruz, *et al.* 2003 y Ron, 2000). Oyervides, *et al.* (1985), comentan que una fuente importante de variabilidad es el uso de material exótico o inadaptado introducido a el programa de mejoramiento local y que la variabilidad genética es esencial para un programa continuo de mejoramiento genético de cualquier especie cultivada, este autor, al trabajar con poblaciones del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) de México y poblaciones de la faja maicera de EE UU, encuentra que las poblaciones mejoradas de la faja maicera tienen mayor potencial para aportar a los programas de mejoramiento genético que se encuentran en México, en comparación con las poblaciones mejoradas Mexicanas a los programas de mejoramiento genético de la faja maicera de los EE UU, mientras que Morales *et al.* (2002), comentan que es necesario incrementar la diversidad genética en los programas locales de mejoramiento para lo cual realizó un estudio para determinar la diversidad y la heterosis de híbridos comerciales adaptados a Jalisco, De la Cruz *et al.* (2003), y mencionan como una posibilidad la utilización de híbridos no convencionales, formados a partir de criollos cruzados con algún híbrido que le mejore las características

agronómicas y eleve su productividad. Vasal *et al*, (1994) indica que la formación de híbridos no convencionales involucra no menos de un progenitor que debe ser no endocriado, sin embargo, existe la posibilidad de involucrar dos progenitores de alta variación genética o no endocriados o uno endocriado y otro no endocriado (híbridos de tipo mestizo).

En La Comarca Lagunera se siembran anualmente un promedio de 15,000 has de maíz de grano (Anuario del 2005), el 90 % se siembra con híbridos comerciales de compañías multinacionales desarrollados para otras regiones del país, Sin embargo, durante el proceso de la selección es importante considerar, no solo los efectos lineales del genotipo y el ambiente, sino también las interacciones del genotipo por el ambiente ya que este tipo de interacción puede afectar la eficacia de la selección debido a problemas de adaptación, lo que implica la necesidad de desarrollar programas de mejoramiento específicos para cada ambiente en particular. Por tanto, es necesario implementar programas agresivos de formación y producción de materiales híbridos de maíz para grano a corto plazo que cumplan con las expectativas de producción y adaptación para el norte de México, en donde existen condiciones de tipo ambiental que limitan el avance en el incremento del rendimiento de grano y donde esta incluida La Comarca Lagunera.

Con base en lo anterior el presente trabajo tiene como objetivo identificar los componentes genéticos de híbridos de maíz de tipo comercial, a partir de líneas altamente endogámicas del programa de mejoramiento genético de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y CIMMYT, y determinar los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) de los padres y la Aptitud

Combinatoria Específica (ACE) de las Nuevas cruzas, así como su caracterización, considerando la estimación de los componentes genéticos.

MATERIALES Y METODOS

El material genético utilizado en este trabajo, son 14 híbridos comerciales de compañías multinacionales que se siembran en la región, y seis líneas endogamicas del programa de la UAAAN-UL, INIFAP y del CIMMYT y que a continuación se describen:

Padres	Origen	Descripción de las líneas
M1	CML-311	CIMMYT, Pob500S89500 F2-2-2-2-B*5
M2	CML-318	CIMMYT,RecyW87(B810(66)S3/G24S2)-B-8-1-1-3-B*4
M3	L AN123R	Criollo del municipio de Concepción, Jalisco precoz y tolerancia a sequía. 85-2-3-1-2-1-3-5-3-2-#-2-1-1-1-#-1-#
M4	CML-316	CIMMYT, Pob500P500c0F114-1-1-B*3.
M5	L B-40	Con origen de formación en INIFAP-B40
M6	L AN 360PV	Línea de la población enana Pancho Villa, vigorosa y con hojas anchas. Pob360 F2-f3-3-2-5-4-#-2 -#-#
H1	P-3203	Compañía de semillas PIONEER
H2	C-908	Compañía de semillas CARGILL
H3	P-3025	Compañía de semillas PIONEER
H4	A-LEÓN	Compañía de semillas ASGROW
H5	A-VENADO	Compañía de semillas ASGROW
H6	A-7597	Compañía de semillas ASGROW
H7	A-PUMA	Compañía de semillas ASGROW
H8	A-POTRO	Compañía de semillas ASGROW
H9	DK-2000	Compañía de semillas DEKALB
H10	DK-2002	Compañía de semillas DEKALB
H11	C-POSEIDON	Compañía de semillas CERES
H12	P-30G40	Compañía de semillas PIONEER
H13	P-30G54	Compañía de semillas PIONEER
H14	C-CRONOS	Compañía de semillas CERES

Se denominó M a las líneas usadas como machos y H a los híbridos comerciales usados como hembras.

El criterio de selección usado para los probadores (machos), fue su alta ACG y en el caso de las hembras, los híbridos de la industria semillera, fueron seleccionados por su vigor en siembras comerciales en la región. La investigación se llevó a cabo en dos

etapas, en marzo de 2004, en el ciclo conocido como de primavera se sembraron los híbridos comerciales usados como hembras y las líneas endogámicas, las cuales fueron usadas como machos, en un lote de polinizaciones, se cruzaron las líneas y los híbridos comerciales en 10 plantas por cada material, con un diseño de apareamiento de Carolina del Norte II (Comstock y Robinson 1948), donde cada macho se cruzó con 14 hembras, cosechando un total de 84 cruzas de aproximadamente dos kg de semilla de cada una. La semilla producida fue sembrada en el ciclo siguiente del mismo año en el mes de agosto conocido como de verano, ambas siembras fueron realizadas en terrenos con riego de la UAAAN-UL en Torreón, Coahuila ubicada geográficamente entre los paralelos 24° 30' y 27° latitud norte y los meridianos 102° y 104° 40' longitud oeste, con una altitud de 1150 nsnm y un clima caluroso y seco llegando a una precipitación de 280mm, y se presenta de una manera desuniforme. Las 84 cruzas de híbridos por líneas se evaluaron bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con dos repeticiones. La parcela experimental fue de dos surcos de tres metros de largo y 0.70 metros de ancho, con seis plantas por metro, para tener una población de 85,000 pl ha⁻¹, considerando una parcela útil del mejor surco (plantas de competencia completa), excluyendo orilleras. Las variables evaluadas fueron las determinantes de la producción, como son: El rendimiento de mazorca (RMZ), rendimiento de grano (RG), diámetro de mazorca (DMZ), diámetro de olote (DOL), longitud de mazorca (LMZ), número de hileras por mazorca (NHMZ), número de granos por hilera (NGH) y peso de Mil granos (PMG).

Se realizó el análisis genético con el diseño II de apareamiento de Carolina del Norte (Comstock y Robinson, 1948), cuyo modelo lineal es:

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + H_j + \phi_{ij} + e_{ijk}$$

Donde, $i=1,2,\dots,m$ (machos); $j=1,2,\dots,h$ (hembras); $k=1,2,\dots,r$ (rep); Y_{ijk} =observación de la cruce entre el i -esimo macho y la j -esima hembra en la k -esima repetición; μ =Media general; M_i y H_j =Efecto del i -esimo macho y j -esima hembra; ϕ_{ij} =Efecto de la interacción del i -esimo macho con la j -esima hembra; e_{ijk} =error experimental.

La estimación de los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) para los machos y hembras, y Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) para las cruces, se hizo según la propuesta de Sprague y Tatum (1941) $g_i = \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{..}$ $g_j = \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}$.

$S_{ij} = Y_{ij} - g_i - g_j - \bar{Y}_{..}$, donde: g_i , g_j y S_{ij} son los efectos de ACG y ACE, respectivamente para los i -machos, las j -hembras y sus $i \times j$ cruces; $\bar{Y}_{i.}$ y $\bar{Y}_{.j}$ son las medias de los machos y las hembras, Y_{ij} es el valor de la cruce $i \times j$ y $\bar{Y}_{..}$ es la media de todas las $i \times j$ cruces.

Con los cuadrados medios y sus esperanzas, se estimaron la varianza génica aditiva (σ^2A), de dominancia (σ^2D), fenotípica (σ^2F), el grado de dominancia (d) y la heredabilidad en sentido estricto (h^2). Los coeficientes de correlación se estimaron mediante la siguiente ecuación: $r = \text{cov}(xy) / (\sigma_x^2 \sigma_y^2)$ donde: El numerador indica la covarianza fenotípica de las medias entre dos caracteres y el denominador, el producto de las varianzas fenotípicas de cada carácter.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza y nivel de significancia de los componentes de rendimiento de grano

En el análisis de varianza denominado diseño de apareamiento de Carolina del Norte II (Comstock y Robinson 1948), muestra que los machos y las hembras tuvieron una significancia sobresaliente ($p < .01$) en todas las características consideradas como

componentes de rendimiento (Cuadro 1), mientras que para las cruza o interacción de machos por hembras, el diámetro de mazorca (DMZ) y Peso de mil granos (PMG) resultaron no significativos y el resto para esta misma fuente de variación fue significativa ($p < .05$) de uno u otro nivel de probabilidad. Esto posiblemente se deba que para cada genotipo ya sea hembra, macho o en forma de cruzamiento, participan de manera diferente en una característica y con mayor razón para todos los componentes de rendimiento que se evaluaron, así lo indicaron también Antuna *et al*, (2003), Gutiérrez *et al*, (2004) y Vasal *et al*, (1994). Los coeficientes de variación del análisis de varianza son considerados dentro de los rangos de aceptación, aún que los de rendimiento de mazorca y grano tendieron a ser de los más altos, sin embargo, los consideramos confiables (Ron, 2000)

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza y nivel de significancia estadística de los principales componentes de rendimiento de grano de maíz, evaluados usando el Diseño de apareamiento II de Carolina del Norte. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004

F. V	GL	RMZ	RG	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	PMG
REP	1	187'127'485**	130'484,925**	2.57**	0.836**	39.43**	23.1**	278.4**	18627**
M	5	9'213,323**	7'879,186**	0.58**	0.333**	7.03**	11.8**	59.5**	11152**
H	13	4'766,603**	2'701,895 *	0.28 *	0.102**	6.91**	2.4 ns	41.8**	3093**
M*H	65	5'709,022**	3'861,766**	0.14 ns	0.043 *	3.72**	2.6*	34.5**	913 ns
Error	83	1'710,578	1'238,909	0.12	0.026	1.65	1.70	14.7	770
Media		7,462	5,557	4.11	2.51	13.90	14.7	28.0	199
CV (%)		17.52	20.02	8.26	6.29	9.20	8.86	13.66	13.93

*, **, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de ($p \leq 0.05 > 0.01$) y ($p \leq 0.01$) respectivamente, ns = no significativo, F.V= fuentes de variación, RMZ = Rendimiento de mazorca, RG = Rendimiento de grano, DMZ = Diámetro de mazorca, DOL = Diámetro de olote, LMZ = Longitud de mazorca, NHMZ = Número de hileras por mazorca, NGH = Número de granos por hilera, PMG = Peso de mil granos.

En el Cuadro 2 se muestra los comportamientos promedios del rendimiento y sus componentes de las líneas endogámicas de maíz, usadas como machos probadores, así como los híbridos comerciales que participaron como hembras, observándose que los machos M2 y M4 resultaron con los mejores rendimientos de mazorca (RMZ) y grano (RG) al igual que los mejores diez híbridos comerciales y solamente cuatro híbridos

hembras H1, H3, H 7, y H12 no sobresalieron en las características mencionadas; Siendo el diámetro de mazorca (DMZ), longitud de mazorca (LMZ), número de granos por hilera (NGH) y peso de mil granos (PMG) los que más contribuyeron en la superioridad mostrada por el macho 2, y solo el diámetro mazorca (DMZ) y el número de hileras por mazorca (NHMZ) para el probador macho 4; Al respecto, Reta *et al*, (1998) reporta que el DMZ y LMZ inciden en el número de granos por mazorca y en el rendimiento de grano. En lo que se refiere a los híbridos hembra, H2(C-908), H5(A-VENADO) y H10(NK-2002) los cuales fueron superiores estadísticamente en su comportamiento, mostraron que el único componente que no contribuyó para rendimiento de grano y mazorca fue el peso de mil granos(PMG), sin embargo, para otros híbridos como el H6(A-7597), H9(DK-2000), H11(C-POSEIDON), y H14(C-CRONOS), el peso de mil granos fue significativo para rendimiento de grano y mazorca, además para los componentes diámetro de mazorca y diámetro de olote. Esta información indica que hay una amplia variabilidad en el comportamiento de los genotipos evaluados en forma de cruces para los componentes de rendimiento tanto para grano y mazorca, pero, existe una tendencia generalizada a participar la mayoría de los componentes en el rendimiento de grano (Morales *et al*, 2002; Gutiérrez *et al*, 2004; Metz, 1994). El macho M3 y híbrido hembra H1, fueron superiores estadísticamente para rendimiento de grano (RG), pero no conservaron dicha superioridad para el rendimiento de mazorca (RMZ), lo cual es respaldado por lo encontrado por Peña *et al* (2003) quienes reportan que no todos los genotipos de maíz tienen una correlación positiva entre rendimiento de mazorca con rendimiento de grano, ya que existen otros factores que hacen alteraciones, siendo los valores significativos de la longitud de mazorca (LMZ) para ambos materiales; De la misma manera los valores más elevados

para el diámetro de mazorca (DMZ) con 4.4cm, diámetro de olote (DOL) con 2.7cm y número de hileras por Mazorca (NHMZ) con 15.5, fueron para el híbrido hembra 11, que en gran parte contribuyeron a estos resultados, esto puede ser explicado en términos de que tanto el DMZ, que permite un acomodo mayor de hileras, al igual que el DOL, que permite un mayor número de granos por hilera, nos resulta en un mayor número de granos en la mazorca (Luna y Gutiérrez, 1993).

Cuadro 2. Promedio de rendimiento y sus componentes en cruzas de líneas de maíz usadas como probadores y de híbridos comerciales de maíz. Diseño II de Carolina del Norte. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004

Líneas (M) ^ŷ	RMZ	RG	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	PMG
1 CML 311	7179	5151	4.2	2.6	14.3*	14.1	28.2*	197.6
2 CML 318	8289*	6263*	4.3*	2.6	14.3*	14.5	28.6*	230.9*
3 AN 123 R	6975	5721*	4.1	2.5	14.5*	15.6*	30.1*	169.0
4 CML 316	8097*	6165*	4.2*	2.6	13.4	15.2*	27.9	201.9
5 AN-B 40	7076	5345	4.0	2.4	13.9*	14.0	27.9	198.0
6 AN 360 PV	7158	5000	4.3*	2.7*	13.3	14.9	25.7	198.9
Híbridos (H) ^ŷ								
1 P-3203	6899	5480*	4.0	2.5	14.7*	15.4*	27.9	178.2
2 C- 908	7788*	5559*	4.3*	2.6*	14.4*	14.6*	29.2*	193.0
3 P-3025	6875	5092	4.1	2.5	13.3	14.6*	27.0	192.6
4 A-LEON	7567*	5733*	4.2*	2.6	14.0	14.8*	28.1	193.7
5 A-VENADO	7955*	5824*	4.3*	2.6*	14.5*	14.8*	30.4*	199.3
6 A-7597	8167*	6279*	4.1*	2.6*	14.1*	14.1	27.7	221.5*
7 A-PUMA	6497	4924	4.1*	2.5	12.4	14.1	25.3	200.7
8 A-POTRO	7782*	5884*	4.3*	2.6*	14.1	14.8*	29.6*	195.6
9 DK-2000	7633*	5870*	4.1*	2.6*	13.9	14.7*	26.3	230.2*
10 DK-2002	8106*	5759*	4.3*	2.7*	14.1*	15.0*	28.4	200.1
11 C-POSEIDON	7351*	5517*	4.4*	2.7*	13.2	15.5*	25.8	210.4*
12 P-30G40	6115	4541	3.9	2.5	13.0	14.1	26.6	179.9
13 P-30G54	7800*	5908*	4.1	2.5	15.1*	14.9*	32.0*	176.8
14 C-CRONOS	7938*	5916*	4.3*	2.6*	14.6*	14.4	28.8	217.0*

*Valores estadísticamente iguales entre si de acuerdo a DMS al 0.05 de probabilidad. \bar{y} = promedio de todas las cruzas donde interviene la línea y el híbrido respectivo.

Los promedios de rendimiento de mazorca (RMZ) y grano (RG) y sus componentes complementarios, de las 15 mejores cruzas se pueden observar en el Cuadro 3, donde se encontró que las cruzas más sobresalientes en rendimiento de mazorca (RMZ) fluctúan

entre 10,510 y 8,298 kg ha⁻¹, correspondiendo también a las mejores cruzas en rendimiento de grano (RG), que tienen un rango de variación de 8,366 a 6,814 kg ha⁻¹, valores que al promediarse dan una media de rendimiento de grano de 7,440 kg ha⁻¹, que resulta superior al mejor híbrido comercial de la región (Gutiérrez *et al* 2002) . Para diámetro de mazorca (DMZ) y de olote (DOL), sus variaciones son desde 4.8 á 3.4 cm y de 2.9 á 2.5 cm respectivamente. Para longitud de mazorca (LMZ) se encontraron diferencias en valores que van desde 16.8 á 12.8 cm, de la misma manera se encontró que para el número de hileras por mazorca (NHMZ) y de granos por hilera (NGH) se presentaron valores desde 17.6 á 13.2 hileras por mazorca y de 39.3 á 24.3 granos por hilera respectivamente, y para el peso de mil granos (PMG) las variaciones en valores van desde 253.5 á 174 g. De acuerdo a la amplitud de los rangos, existe una variación amplia entre los valores de cada característica evaluada, por lo que se considera que algunos componentes de rendimiento influyen en los resultados más que otros, considerando que al conjuntarse por recombinación y selección en líneas contrastantes podrían resultar patrones heteróticos definidos, o bien como lo comenta Duvick (1999), que los híbridos altamente rendidores obtienen su rendimiento, no solo de la heterosis, sino también de otros factores hereditarios, que no son necesariamente influenciados por la heterosis, por lo que se debe de conocer la importancia relativa de cada contribución genética, en la producción de grano en los híbridos. El probador M4 es la línea que más se repite en los 15 mejores cruzas, quizá porque es una de las que tienen altos rendimientos de mazorca y de grano y al unirse también con los mejores híbridos comerciales se ve una conjunción de genes favorables para la mayoría de los componentes de producción, Márquez,(1988), así, los datos de información de las 15 mejores cruzas con los probadores se ve que el RMZ, RG y el DMZ, tienen una marcada

significancia estadística y correlativa entre ellos, lo que indica que el diámetro de mazorca influyó para que los genotipos tuvieran mejor rendimiento de mazorca y grano. Para el caso de el resto de los componentes se encontró esa variabilidad expresada por Peña *et al* (2003) quienes reportan que no todos los genotipos de maíz tienen una correlación positiva para rendimiento de grano con las principales características que lo componen.

Cuadro 3. Promedio de rendimiento y sus componentes en 15 cruzas de maíz más Sobresaliente, evaluados usando el Diseño de apareamiento II de Carolina del Norte. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004

Cruzas	RMZ	RG	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	PMG
5x9	10510*	8366*	4.3*	2.5	16.2*	13.2	34.6*	241.5*
4x6	10087*	8176*	3.4*	2.7	14.1	14.4	28.7	252.5*
3x5	10329*	7886*	4.3*	2.5	17.1*	17.0*	39.3*	174.0
2x6	10052*	7858*	4.4*	2.7	15.2*	14.0	32.1*	253.5*
3x11	9883*	7841*	4.8*	3.0	14.7*	17.0*	29.1	203.0
1x8	9729*	7427*	4.5*	2.7	16.8*	14.0	34.4*	229.5*
2x13	9526*	7354*	4.2*	2.4	16.8*	14.2	35.2*	234.0*
4x11	9199*	7340*	4.4*	2.8*	12.8	17.6*	24.3	218.5*
3x6	9160*	7258*	4.3*	2.7	16.1*	16.0*	31.3	182.0
5x4	9531*	7180*	4.4*	2.6	15.1*	15.4*	31.4	195.5
2x10	9634*	7033*	4.6*	2.9*	14.5*	15.6*	26.7	250.0*
6x4	9241*	7018*	4.5*	2.8*	14.5*	15.0	29.8	214.0*
4x1	8298*	7012*	4.2*	2.5	15.0*	17.0*	31.8*	183.0
4x3	9075*	6949*	4.4*	2.6	13.5	16.0*	26.7	204.5
4x7	8811*	6914*	4.4*	2.6	13.8	14.6	27.8	234.0*

*Valores estadísticamente iguales entre si de acuerdo a DMS al 0.05 de probabilidad. Donde, RMZ = Rendimiento de mazorca, RG = Rendimiento de grano, DMZ = Diámetro de mazorca, DOL = Diámetro de olote, LMZ = Longitud de mazorca, NHMZ = Número de hileras por mazorca, NGH = Número de granos por hilera, PMG = Peso de mil granos.

Estimación de los efectos de aptitud combinatoria

Los mayores efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG), para las características de rendimiento de mazorca (RMZ) y rendimiento de grano (RG), se encontraron en las líneas M2 y M4 usadas como machos, y seis híbridos H5, H6, H8,

H10, H13 y H14 de los 14 usados como hembras (Cuadro 4). También se detectó que todos los componentes de rendimiento de mazorca y grano de las mejores líneas machos 2 y 4, y las hembras o híbridos 5, 8, 10 y 14 fueron los que presentaron una mayor contribución a la expresión fenotípica, en base a los valores altos y positivos de aptitud combinatoria general (ACG), lo cual concuerda con lo encontrado por (De la Cruz, et al. 2003). Para el resto de las hembras o híbridos sobresalientes 6 y 13 solamente tuvieron una tendencia, ya que presentan algunos componentes valores negativos.

Cuadro 4. Efectos estimados de Aptitud Combinatoria General (ACG) de líneas de maíz usadas como probadores (M) y de los híbridos Comerciales de maíz (H). Diseño II de Carolina del Norte. UAAAN-UL Torreón, Coahuila. 2004.

ACG	RMZ	RG	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	PMG
M1	-283	-406.5	0.02	0.014	0.343	-0.619	0.203	-1.62
M2	826.9**	705.9*	0.11	0.094**	0.352	-0.247	0.56	31.72**
M3	-487.3	-136.2	-0.13	-0.061	0.574*	0.952**	2.07*	-30.2
M4	634.2*	607.5*	0.04	0.034	0.508*	0.481	0.19	2.65
M5	-386.1	-212.9	-0.19	-0.145	-0.074	-0.719	-0.18	-1.23
M6	-304.3	-557.3	0.18*	0.182**	-0.655	0.152	-2.43	-0.27
H1	-563.5	-257.8	-0.24	-0.083	0.768*	0.733*	-0.19	-21.0
H2	325.3	-298.6	0.12	0.082*	0.461	-0.121	1.17*	-6.2
H3	-586.9	-465.5	-0.10	-0.084	-0.655	-0.133	-1.05	-6.62
H4	104.8	175.1	0.01	0.003	-0.021	0.066	-0.02	-5.53
H5	493.1	266.9	0.11	0.100**	0.528	0.120	2.37**	0.13
H6	704.7*	721.3*	-0.04	0.061	0.195	-0.611	-0.37	22.3**
H7	-965.5	-633.7	-0.01	-0.045	-1.579	-0.605	-2.84	1.47
H8	319.5	326.3	0.11	0.026	0.111	0.133	1.51	-3.62
H9	171.0	312.9	-0.02	-0.061	-0.030	0.001	-1.75	31.0**
H10	644.0*	201.3	0.19*	0.146**	0.211	0.301	0.34	0.88
H11	-111.4	-40.3	0.23**	0.153**	-0.809	0.833**	-2.27	11.22
H12	-1347	-1016	-0.24	-0.094**	-0.955	-0.602	-1.50	-19.2
H13	337.3	351.0	-0.13	-0.116	1.211**	0.233	3.92**	-22.4
H14	475.7	358.7	0.17	0.078*	0.635*	-0.366	-0.72	17.8**
DMS.05	581	495	0.15	0.071	0.571	0.579	1.70	12.3
DMS.01	771	750	0.20	0.091	0.757	0.768	2.26	16.3
EE	292	284	0.077	0.036	0.287	0.291	0.857	6.20

M = Machos H = Hembra, RMZ = Rendimiento de mazorca, RG = Rendimiento de grano, DMZ = Diámetro de mazorca, DOL = Diámetro de olote, LMZ = Longitud de mazorca, NHMZ = Número de hileras por mazorca, NGH = Número de granos por hilera, PMG = Peso de mil granos.

En el peso de mil granos (PMG), el macho 2 y la hembra 14, mostraron los valores más altos y positivos en Aptitud Combinatoria General (ACG) para el rendimiento de mazorca (RMZ) y grano (RG), esto probablemente sea una consecuencia al valor elevado de ACG para diámetro de olote (DOL), que acomoda posiblemente a un mayor número de granos. Con estos resultados secuenciales y acorde a las características estudiadas, pueden surgir resultados favorables para el mejoramiento del rendimiento de mazorca y de grano, (Márquez, 1991; Hohls *et al*, 1995 y Vasal *et al*, 1995).

Al ser estimados los valores de Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) para las 15 mejores cruzas de maíz (Cuadro 5), observamos que para rendimiento de grano (RG), de mazorca (RMZ), longitud de mazorca (LMZ) y peso de mil granos (PMG) todas las cruzas mostraron valores altos y positivos de ACE, siendo los más altos para las cruzas 5x9, 3x11, 3x5, 4x7 y 4x3; Sin embargo, los valores de ACG de los progenitores de las mejores cruzas no indican aportaciones, ya que la única línea con valores más altos de ACG es la 4 y el resto de los progenitores presentaron valores negativos, por lo que se considera que la manifestación de buen rendimiento quizá sea debido a la acción génica de sus efectos no aditivos relacionados con la interacción inter-alélica o conocida como ACE, esto es mencionado en los resultados obtenidos por Reyes *et al*, (2004). Para el diámetro de mazorca (DMZ) y número de granos por hilera (NGH) se encontraron valores de ACE positivos para la mayoría de las cruzas mostradas y solamente tres resultaron con valores negativos aun distintos. Para diámetro de olote (DOL) y número de hileras por mazorca (NHMZ) se encontraron solamente cinco valores negativos pero de cruzas diferentes, en estos caracteres se buscarían materiales con valores altos, pues

esto daría un número tamaño mayor de grano y profundidad de grano en la conformación de la mazorca.

Cuadro 5. Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) de las 15 mejores cruzas de maíz, para rendimiento de mazorca (RMZ) y grano (RG), y sus componentes. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

ACE	RMZ	RG	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	PMG
5x9	3262.9*	2708.4*	0.3333	0.1471	2.3254	-0.814	8.464*	12.486
4x6	1815.1	1290.2	-0.7821	0.0140	0.4336	-0.214	1.180	28.343
3x5	2860.6*	2197.4	0.1129	-0.079	1.9674	1.214	6.762	4.870
2x6	1058.0	873.4	0.1029	-0.006	0.6814	0.114	3.823	0.271
3x11	3019.7*	2459.8*	0.4679	0.3275*	0.9049	0.481	1.212	22.780
1x8	2229.8	1950.0	0.1457	0.0594	2.3647	-0.248	4.589	35.549
2x13	899.5	739.6	-0.0054	-0.047	1.2147	-0.519	2.623	25.521
4x11	1743.6	1215.8	-0.0571	0.0724	0.1378	1.552	-1.320	5.423
3x6	1480.4	1115.1	0.2629	0.0692	1.3007	0.914	1.512	9.300
5x4	2350.0	1660.5	0.3700	0.1921	1.1663	1.319	3.530	3.066
2x10	701.2	568.8	0.1196	0.1590	0.0350	0.814	-2.293	18.191
6x4	1977.9	1842.6	0.1450	-0.005	1.1974	0.048	4.166	20.601
4x1	1294.2	1105.3	0.2179	-0.036	0.7103	1.052	4.097	2.173
4x3	2094.6	1249.9	0.3046	0.1154	0.6836	0.919	-0.136	9.263
4x7	2209.0	1382.8	0.2129	0.0715	1.8578	-0.014	2.747	30.673
DMS .05	2600.0	2214.0	0.6880	0.3200	2.540	2.580	7.56	53.10
DMS .01	3450.0	2938.0	0.9130	0.4250	3.370	3.430	10.00	73.1
EE	1307	1113	0.346	0.161	1.280	1.30	3.80	27.7

Donde, RMZ = Rendimiento de mazorca, RG = Rendimiento de grano, DMZ = Diámetro de mazorca, DOL = Diámetro de olote, LMZ = Longitud de mazorca, NHMZ = Número de hileras por mazorca, NGH = Número de granos por hilera, PMG = Peso de mil granos.

En general, la aptitud combinatoria específica (ACE) fue de mayor expresión en las cruzas de mayor rendimiento y esta influencia se vio reflejada en los componentes principales, con una menor variabilidad que la expresada en la aptitud combinatoria general (ACG) (Hohls *et al*, 1995; Metz, 1994 y De La Cruz *et al*, 2003).

Valores estimados de los principales parámetros genéticos de los componentes de rendimiento

Los valores de los principales parámetros genéticos relacionados con el presente estudio en el cultivo del maíz (Cuadro 6), fueron estimados para tratar de aportar

conocimiento en cuanto a sus efectos génicos de cada componente, así, para el rendimiento de mazorca (RMZ) y grano (RG), las varianzas de dominancia (σ^2D) supera en grandes proporciones a las aditivas (σ^2A), lo que indica que en estas dos características el efecto de heterosis es determinante y así lo demuestra también el grado de dominancia cuyos valores son de 4.14 y 11.2 respectivamente, que interpretan un estatus de sobredominancia y de vigor híbrido, de acuerdo a la clasificación de Falconer (1985) y ratificado por varios investigadores (Hallauer y Miranda, 1988; Márquez, 1988); Los valores de heredabilidad para RMZ fue de 9.5% y de RG 14.2%, los cuales resultaron extremadamente bajos como la mayoría de los caracteres de herencia múltiple (Comstock y Robinson, 1948; Gutiérrez *et al*, 2004). Para diámetro de mazorca (DMZ) y olote (DOL), los efectos de las varianzas aditivas y de dominancia son similares, al igual de el grado de dominancia (d) con 1.4 y 1.5 respectivamente, sin embargo, estas dos características presentan valores distintos de heredabilidad (h^2) con 23.7% que se considera bajo y 88.7 % que es alta. La longitud de mazorca (LMZ), el número de hileras por mazorca(NHMZ) y número de granos por hilera (NGH) son características que mantienen una relación muy estrecha, según los valores de correlación reportados por Hernández y Esquivel (2004), con valores de varianzas muy similares de manera proporcional, predominando la varianza de dominancia sobre la aditiva, por lo cual se obtienen valores muy semejantes del grado de dominancia (d) que van de 3.3, 2.5 y 5.1, los cuales determinan claramente la presencia de una sobredominancia, lo cual hace que se refleje una heredabilidad en sentido estricto (h^2) muy baja, 11.5, 14.4 y 5.2 % respectivamente, posiblemente por tratarse de caracteres que son regidos por genes múltiples (Soengas *et al*, 2003). El peso de mil granos (PMG), aún cuando no aportó

gran significancia, muestra que la varianza aditiva superó a la varianza de dominancia, contrario a la expresión de las características anteriores, ya que el grado de dominancia (d) y la heredabilidad (h^2) se consideran relativamente altos 10.7 y 50.9 respectivamente, la selección para este carácter influiría positivamente en la expresión del rendimiento (Echarte *et al*, 2000).

Cuadro 6. Valores estimados de los principales parámetros genéticos, basados en las esperanzas de los cuadrados medios del análisis de de apareamiento II de Carolina del Norte, de las características evaluadas de maíz. UAAAN-UL Torreón, Coahuila. 2004.

	RMZ	RG	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	PMG
σ^2_F	980070	657827	0.225	0.091	6.652	4.288	57.34	2150.5
σ^2_A	93238	93646	0.053	0.030	0.768	0.617	2.99	1094.7
σ^2_D	799688	524571	0.052	0.034	4.226	1.967	39.59	285.1
σ^2_G	809012	533936	0.105	0.064	4.994	2.584	42.58	1379.8
D	4.14	11.2	1.4	1.5	3.3	2.5	5.1	10.7
% h^2	9.5	14.2	23.7	88.7	11.5	14.4	5.2	50.9
Media	7462.8	5557.9	4.191	2.582	13.982	14.733	28.09	199.2

RMZ = Rendimiento de mazorca, RG = Rendimiento de grano, DMZ = Diámetro de mazorca, DOL = Diámetro de olote, LMZ = Longitud de mazorca, NHMZ = Número de hileras por mazorca, NGH = Número de granos por hilera, PMG = Peso de mil granos, Varianzas fenotípicas (σ^2_F), aditiva (σ^2_A), de dominancia (σ^2_D), grado de dominancia (d), por ciento de heredabilidad (% h^2)

Las correlaciones de los parámetros genéticos que se presentan en el Cuadro 7, muestran que la varianza fenotípicas (σ^2_F), tiene una correlación estadística altamente significativa con las varianzas aditivas (σ^2_A), de dominancia (σ^2_D) y con las medias, y significativa para el grado de dominancia (d), y puede ser explicado por la dependencia que tiene el fenotipo de la varianza genética y sus efectos génicos, el cual puede transferirse a una sobredominancia como lo menciona Tosquy *et al*, (1998), de la misma manera la varianza aditiva (σ^2_A) tiene una correlación altamente significativa con

varianza de dominancia (σ^2D) y con las medias, además, presenta solamente significancia para con el grado de dominancia(d), es posible que en este tipo de cruza entre un híbrido y una línea pueda ser incrementado el efecto heterótico en la nueva F1, además, con la recombinación de las líneas del híbrido original y que actuó como padre, más la acumulación de una fuente genética de la nueva línea progenitora como probadora, es posible un incremento simultáneo y significativo de ambas acciones genéticas, así lo mencionan Gutiérrez *et al*, (2002), Pandey *et al*, (1992), la varianza de dominancia (σ^2D) tiene una correlación altamente significativa con las medias y significativo para el grado de dominancia(d).

Cuadro 7. Correlación de los parámetros genéticos estimados de los componentes de rendimiento de las características de los híbridos de maíz cruzados con las líneas como probadores. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

	σ^2F	σ^2A	σ^2D	d	h^2	Media
σ^2F	1.0	0.9745**	0.9999**	0.7743*	-0.4617ns	0.9982**
σ^2A		1.0	0.9717**	0.7664*	-0.4703ns	0.9853**
σ^2D			1.0	0.7738*	-0.4605ns	0.9975**
d				1.0	-0.3445ns	0.7875*
h^2					1.0	-0.4627ns
Media						1.0

Varianzas fenotípicas (σ^2F), aditiva (σ^2A), de dominancia (σ^2D), grado de dominancia (d), por ciento de heredabilidad (h^2)

La heredabilidad (h^2) correlaciona en forma negativa con todos los parámetros, quizás porque a mayor varianza de dominancia como fue expresado en general en este estudio, la heredabilidad fue baja, ya que depende de los genes aditivos que proporcionalmente se encontró por debajo de la acción de dominancia. Es posible que no haya claridad en este tipo de correlaciones, debido a la poca información en este tema específico.

CONCLUSIONES

El comportamiento de las líneas como probadores y los híbridos comerciales como hembras presentaron una alta significancia en todas las características evaluadas, consideradas como las principales componentes de rendimiento, no así las cruzas F1 resultantes, ya que en el diámetro de mazorca (DMZ) y Peso de mil granos (PMG), resultaron no significativos, Los probadores M2 y M4 tuvieron los promedios mas sobresalientes al cruzarse con los híbridos comerciales, por lo que aparecen con mayor frecuencia y rendimiento en las mejores cruzas evaluadas, efecto que influye en la ACG, no sucedió lo mismo con la ACE, ya que entre las mejores cruzas con altos valores positivos, solamente aparece el probador M4. Al estimar los parámetros genéticos, la varianza de dominancia superó a la varianza aditiva en una magnitud considerable como se observa en el grado de dominancia (d), a excepción de el peso de mil granos que resulto a la inversa, estos valores fueron reflejados en los por cientos bajos de heredabilidad, menos para DOL. Existen algunos comportamientos en las acciones génicas que no coinciden con lo general ya que las F1 formadas por las cruzas entre híbrido y línea, dan lugar a una población variable y con presencia de heterosis. Los resultados obtenidos para ACG y ACE, los parámetros genéticos y correlaciones entre el rendimiento y sus componentes, pueden contribuir notablemente al mejoramiento genético de maíz.

BIBLIOGRAFIA

Antuna G O, F Rincón S, E Gutiérrez del R, N A. Ruiz T y L Bustamante G (2003)
Componentes genéticos de caracteres agronómicas y de calidad fisiológica de

- semillas en líneas de maíz. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 26(1): 11-17.
- Comstock R E and H F Robinson (1948) The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics* 4:254-266.
- Chávez A J L (1995) *Mejoramiento de Plantas 1. Segunda Edición.* Ed. Trillas. México. pp. 136.
- De la Cruz L L, J Ron P, J L Ramírez D, J de J Sánchez G, M M Morales R, M Chuela B, S A Hurtado de la P, y S Mena M (2003) Heterosis y Aptitud Combinatoria entre híbridos comerciales y germoplasma exótico de maíz en Jalisco, México. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 26 (1): 1-10.
- De la Cruz L E, E Gutiérrez del R., A Palomo G, S Rodríguez H (2003) Aptitud Combinatoria y Heterosis de líneas de Maíz en la Comarca Lagunera. *Rev. Fitotecnia, México.* Vol. 26 (4): 279-284.
- Duvick D N (1999) Heterosis. Feeding people and protecting natural resources. *Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops.* J. G. Coors and S. Pandey ED.
- Echarte L, S Luque, F H Andrade, U O Sadras, A Cirilo, M E Otegui, C R C Vega (2000) Response of maize kernel number to plant density in Argentinean hybrids released between 1965 and 1993. *Field Crops Res.* 68:1-8.
- Espinoza B A., E Gutiérrez del R, J J Lozano G, y A Palomo G (2002) Aptitud Combinatoria y Heterosis en cruza intervarietales en maíz forrajero. XIX Congreso Nacional de Fitogenética. Saltillo, Coahuila, México.
- Falconer, D.S. 1985. *Introducción a la Genética Cuantitativa.* CECSA. México. p135

- Gutiérrez del R E, A Espinoza B, A Palomo G, J J Lozano G, O Antuna G (2004)
Aptitud Combinatoria de Híbridos de maíz para la Comarca Lagunera. Rev.
Fitotec. Méx. Vol. 27 (Núm. Especial 1): 7-11.
- Gutiérrez del R. E, A Palomo G, A Espinoza B, E de la Cruz L (2002) Aptitud
Combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca
Lagunera, México. Rev. Fitotec. Méx. 25 (3): 271-277.
- Hallauer A R. and B J Miranda (1988) Quantitative Genetics in Maize Breeding. 2a Ed.
Iowa State University Press. U. S. A. 467 p.
- Hernández C J M, y G Esquivel E (2004) Rendimiento de grano y características
agronómicas en germoplasma de maíz de valles altos de México. Rev. Fitotec.
Mex. Vol. (Número esp. 1) : 27- 31 .
- Hohls T,G P Charke, P E Sanan, H O Gevers (1995) An unbiased estimator for
identifying lines useful for the improvement of elite single crosses, base don a
combining ability model. Heredity 75: 155-163.
- Luna F M y J R Gutiérrez S (1993) Efectos de la selección familiar sobre la floración y
componentes de rendimiento en maíz. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 16. 151-160.
- Márquez S F (1988) Geotecnia Vegetal. Tomo II. AGT Editor, S.A. México. 563 p.
- Márquez S F (1991) Geotecnia Vegetal. Métodos y teoría. Tomo III. AGT EDITOR,
S.A. México. 7 p
- Metz G (1994) Probability of net gain of favorable alleles for improvingan elite single
cross. Crop Sci.. 34:668-672.

- Morales R. M. M, J Ron P, L de La Cruz L, J J. Sánchez G, J L Ramírez D S A Hurtado de La P, J S Espinoza O (2002) Evaluación de cruzas entre Poblaciones de maíz adaptadas a Jalisco. XIX Congreso Nacional de Fitogenética, Saltillo, Coahuila, México.
- Oyervides G M, A R Hallauer, H Cortez M (1985) Evaluation of improved maize populations of México and the U.S. Corn Belt. *Crop Sci.* 25:115-120
- Pandy S, C O Gardner (1992) Recurrent selection for population , variety and hybrid improvement in tropical maize. *Adv. Agron.* 48: 1-87
- Peña R A, G Nuñez H, y F González C (2003) Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. *Tec.Pecu.. Méx.* 41:63_74.
- Reta S, David G, A Gaytán M, J S Carrillo A (1998) Respuesta del maíz a densidades de población y métodos de siembra. I. Rendimiento y sus componentes. *Cienc. Agropecu. FAUNAL.* 8:11-16.
- Ron P J (2000) Evaluación de cruzas con materiales adaptados y exóticos de maíz en el Centro-occidente de México. Híbridos comerciales. XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. *Memorias.* 131 p.
- Soengas P, B Ordás, R A alvar, P Revilla y A Ordás (2003) Heterotic Patterns among Flint Maize Populations. *Crop Sci.* 43: 844-849.
- Tosquy V O S, G Castañon N, M Sierra M, F A Rodríguez M (1998) Aptitud combinatoria general y específica de líneas de maíz usando como probadores cruza simples en el estado de Veracruz .*Agrc. Téc. Méx.* 34(1):3-10.
- Vasal S K, S Mc Lean, F San Vicente, S K Ramanujan (1995) Heterotic patterns and the choice testers . Overview. CIMMYT. Maize program Internally Manager

External Review of Breeding Strategies and Methodologies, 1995. Briefing Document. Pp: 92-113.

Vasal S K, N Vergara, y Mc Lean (1994) Estrategias en el desarrollo de híbridos tropicales de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 5: 184-189.

**APTITUD COMBINATORIA Y PARAMETROS GENETICOS DE MAÍZ PARA
FORRAJE EN LA COMARCA LAGUNERA, MEXICO**

**Combining ability and genetic parameters, maize forage production at Comarca Lagunera,
Mexico**

Raúl Wong Romero✉, Emiliano Gutiérrez del Río, Sergio A Rodríguez Herrera, Arturo Palomo Gil, Hugo Córdova Orellana, Armando Espinoza Banda (RWR) Alumno de doctorado en Ciencias Agrarias Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro- Unidad Laguna (UAAAN-UL) Periférico y Carretera a Santa Fe, Torreón, Coah, México (EGR) (SARH) (APG) (AEB) Departamento de Fitomejoramiento, (UAAAN-UL) (HCO) Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) raulwongromero@hotmail.com

RESUMEN. El objetivo de este trabajo fue identificar híbridos de maíz con potencial de rendimiento de forraje, estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de líneas de maíz, la aptitud combinatoria específica (ACE) de sus cruzas, y los componentes genéticos de los caracteres agronómicos relacionados. Los materiales genéticos evaluados fueron: 45 cruzas directas posibles entre 10 líneas, las características medidas fueron producción de forraje verde (PFV), materia seca de forraje (PMS), producción de elote más totomoxtle (PET), producción de elote (PE), producción de totomoxtle o brácteas del elote (PTO), producción de tallo y espiga (PTA), producción de vaina del tallo de cada hoja (PVA) y producción de hojas o lamina foliar (PHO), con un diseño experimental bloques completos al azar, con dos repeticiones con una densidad de 85,000 plantas ha¹. El diseño dialélico IV de griffing se utilizó para la estimación de los parámetros genéticos, encontrando diferencias estadísticas ($p \leq 0.01$) para ACG para la mayoría de las variables, excepto PTO. Para ACE, las variables PFV y PHO resultaron con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) y la variable PVA con diferencias estadísticas al ($p \leq 0.01$). PFV y PMS correlacionan significativamente ($p \leq 0.01$) con todas las características evaluadas,

dentro de las varianzas, todas muestran una alta correlación entre ellas. Para las variables PFV, PMS, PET, PE, PTA y PHO, los efectos aditivos fueron los que más contribuyeron a la varianza genética por lo que se sugiere formar variedades sintéticas heteróticas, seleccionando líneas que se complementen en sus caracteres y que formen poblaciones contrastantes para recombinar y extraer nuevas líneas para formar híbridos superiores. Además, incrementar las líneas sobresalientes, analizar y seleccionar para calidad forrajera, para producir híbridos comerciales. De las cruzas 5x7 (AN123 x B32), 2x7 (AN447 x B32), 7x8 (B32 x B39) y 9x10 (B40 x CML319), se deberá incrementar sus líneas, para producir las cruzas y evaluarlas en parcelas demostrativas.

Palabras clave: Aptitud combinatoria, líneas, dialélico, componentes genéticos, forraje.

ABSTRACT. The objective of this work was forage corn hybrids identification and to estimate the general combining ability (GCA) of inbred lines maize, specific combining ability (ECA) in their crosses, genetic parameters and traits evaluated correlations. Forty-five direct crosses from inbred lines were evaluated. Plant traits: fresh forage production (PFV), forage dry mater (PMS), ear & husk (PET), ear (PE), husk (PTO), stalk (PTA), leaf sheath (PVA) and leaf fresh production (PHO), were analyzed under complete randomized block design with two replications, the plant density was 85,000 plants ha¹. Genetic parameters were estimated with diallel Griffing method IV, Differences for GCA in most of the traits were found ($p < 0.01$) except for (PTO), and there were differences in PFV, PHO, and PVA traits for ECA. The PFV and PMS correlations were significant effects ($p < 0.01$) with all the other traits. The variance components correlation shows significant effects ($p < 0.01$) between them. Additive effects were more important in explaining genetic variance for PFV, PMS, PET, PE, PTA, and PHO the suggest is to obtain contrast synthetics recombining populations, in order to obtain new inbred lines and new hybrids develop. We should

increase lines to produce 5x7 (AN123 x B32), 2x7 (AN447 x B32), 7x8 (B32 x B39) y 9x10 (B40 x CML319) crosses for commercial evaluation.

Keys words: Combining ability, lines, diallelic, genetic components, and forage.

INTRODUCCION

La Comarca Lagunera es una de las cuencas lecheras más importantes a nivel nacional, donde se siembran aproximadamente, 24,000 ha de maíz forrajero (SAGARPA, 2005) y el 90% se siembra con híbridos comerciales para grano de compañías multinacionales desarrollados para otras regiones del país, por lo general se considera que los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje (Peña *et al.*,2003), por lo que un alto porcentaje de mazorca o un alto índice de cosecha favorecen los incrementos en la calidad del forraje. En esta región la producción promedio por hectárea es de 51 toneladas de forraje fresco y 15 toneladas de forraje seco (Reta, *et al.* 2002). En los últimos 10 años de evaluación de maíces forrajeros en el INIFAP en La Comarca Lagunera, se han incluido 152 híbridos diferentes, de los cuales se han identificados materiales con buenas características de rendimiento y calidad forrajera, que los productores pueden seleccionar para sembrar, con la certeza de obtener un ensilado de alta calidad (Faz *et al.* 2005). Sin embargo, durante el proceso de la selección es importante considerar, no solo los efectos lineales del genotipo y el ambiente, sino también la interacción genotipo x ambiente ya que a través de ella se detecta la eficacia de la selección en función de la adaptación genotípica a través de ambientes lo cual evita la necesidad de desarrollar programas de mejoramiento específicos para cada ambiente en particular. Peña *et al.* (2004), señalan que ninguno de los híbridos de maíz usados para la producción de forraje en México han sido desarrollados en programas de mejoramiento genético para aumentar la producción y la calidad del forraje, sino que fueron seleccionados para rendimiento de grano,

Clark *et al.* (2002), indican que el ganado lechero alimentado con híbridos de maíz seleccionados para forraje, rindió más leche, con mayor contenido de proteína y que el consumo de materia seca fue mayor que el alimentado con maíz normal, o para grano, por tanto, Con base en lo anterior, es necesario implementar programas agresivos de formación y producción de híbridos de maíz forrajero a corto plazo que cumplan con las expectativas de calidad, producción y adaptación para el norte de México en donde se encuentra ubicada La Comarca Lagunera. El presente trabajo tuvo como objetivos 1) El identificar híbridos con potencial forrajero en función a sus componentes genéticos de aptitud combinatoria general en sus progenitores y aptitud combinatoria específica *Per se* en las cruzas desarrolladas, para producirlos y ponerlos al alcance del agricultor a precios razonables. 2) Caracterizarlos el material formado en función de sus variables agronómicas y morfológicas y sus correspondientes correlaciones fenotípicas y genéticas para establecer un programa de mejoramiento de maíz.

MATERIALES Y METODOS

El material genético utilizado estuvo constituido por diez líneas, seis de ellas provenientes del programa de La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN-UL), tres líneas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y una línea del programa del Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y trigo (CIMMYT). La descripción genealógica de las líneas es la siguiente:

M1; L-AN 123 R. Línea de alta endogamia formada de variedad Criolla del

Municipio de Concepción, Jalisco con precocidad y tolerancia a sequía.

M2; L-AN 447. Línea de 8 autofecundaciones, derivada de generaciones avanzadas

del Híbrido AN-447 con características de amplia adaptabilidad.

M3; L-AN 360 PV. Línea obtenida de la población enana denominada Pancho

Villa, vigorosa y con hojas anchas.

M4; L-AN 130. Proviene de la F4 del H-507, cruzada con la población de El Bajío denominada Celaya-2.

M5; L-AN 123. Obtenida de forma divergente y contrastada de una variedad Criolla de Jal. De hojas pálidas y onduladas.

M6; L-AN 388R. Línea enana, con hojas anchas y suculentas generada a partir de la F3 del híbrido AN-388.

M7; L B-32. La cual esta identificada con la genealogía H-353-245-6-10.

M8; L B-39. Originada en el INIFAP-B39.

M9; L B-40. Con origen de formación en INIFAP-B40.

M10; CML-319. Originada en CIMMYT. Genealogía RecyW89 (Cr.Arg/CIM.

ShPINPH) 6-3- 2-4-B-B.

El trabajo se realizó en el campo experimental de la UAAAN-UL, en Torreón, Coahuila en La Comarca Lagunera, localizada geográficamente entre los paralelos 24° 30' y 27° LN y los meridianos 102° y 104° 40' LO, con 1150 nsnm y un clima seco y caluroso. El proyecto se desarrolló en dos etapas: en la primavera del 2004, se realizaron las 45 cruzas posibles directas p (p-1)/2 de las diez líneas de acuerdo al diseño de apareamiento genético dialélico (Griffing 1956) método IV, utilizando 10 plantas de cada línea para obtener la semilla de las cruzas, y en el verano del mismo año se llevó a cabo la evaluación con un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. La siembra se realizó el 21 de agosto, bajo riego con cintilla superficial (riego por goteo), procurando mantener un buen nivel de humedad durante el ciclo del cultivo, se fertilizó con la formula 180-100-00, se aplicó el 50% del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra y el resto del nitrógeno al momento de cultivar. La parcela experimental fue de un surco de tres m de largo y 0.70 m de ancho, con seis plantas por metro, para tener una población

aproximada de 85,000 plantas ha⁻¹. El control de maleza se llevo a cabo con la aplicación de herbicida preemergente al momento de realizar el riego de nacencia. Las variables evaluadas fueron: Producción de forraje verde (RFV) materia seca de forraje (PMS), producción de elote más totomoxtle (PET), producción de elote (PE), producción de totomoxtle o brácteas del elote (PTO), producción de tallos (PTA), producción de vainas del tallo de cada hojas (PVA), y producción de hojas (PHO), todas reportadas en t ha¹.

El análisis estadístico para las variables evaluadas, se realizó con el paquete SAS (Anónimo, 1988). El análisis de la aptitud combinatoria del material genético se hizo de acuerdo con el método IV de los efectos fijos del dialélico de Griffing (1956), los valores estadísticamente superiores en las variables estudiadas fueron los que superaron o igualaron al valor de la media más dos veces su desviación estándar ($\mu + 2 \sigma$). Los efectos de ACG y ACE de cada variable, fueron probados con el estadístico t, obteniéndose el valor al dividir el valor del parámetro entre su error estándar (Singh y Chaudary, 1985).

RESULTADOS

Los cuadrados medios de cruza en las variables PFV, PMS, PE, PTA, PVA, y PHO (ANDEVA; $p \leq 0.01$) y la variable PET (ANDEVA; $p \leq 0.05$) mostraron diferencias significativas, la variable PTO no fue significativa. Al desglosar cruza en ACG y ACE, las variables PFV, PMS, PET, PE, PTA, PVA y PHO, mostraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.01$) solo la variable PTO resultó no significativa para ACG. Para ACE, las variables PFV y PHO, resultaron con diferencias significativas ($p \leq 0.05$), la variable PVA, mostró diferencia estadística ($p \leq 0.01$) y el resto de las variables, PMS, PET, PE, PTO y PTA, no mostraron significancia. Los coeficientes de variación (CV), oscilaron entre 10.3 % y 27.31%, correspondiendo a PFV y PE respectivamente. Las medias del rendimiento para la variable producción de forraje verde (PFV) y

materia seca de forraje (PMS), fueron de 95.13 t ha¹ y 19.84 t ha¹, correspondiendo al 20.8% de materia seca, del peso de forraje verde. Según la media de las variables el peso del elote con totomoxtle (PET) y el peso de los tallos y espigas (PTA), son los que más contribuyen al rendimiento de forraje verde (PFV) (tabla 1).

Tabla 1 Cuadrados medios del análisis de varianza dialélico método 4 de Griffing GL= grados de libertad, PFV = producción de forraje verde, PMS = producción de materia seca, PET = producción de elote total, PE = producción de elote, PTO = producción de totomoxtle, PTA = producción de tallo, PVA = producción de vaina del tallo de cada hoja, PHO = producción de hoja, CV = Coeficiente de variación, * = $p \leq 0.05$, ** = $p \leq 0.01$, ns = no significativo.
Table1. Mean squares from diallel analysis Griffing method IV GL=degree of freedom, fresh mater production (PFV), dry mater (PMS), ear and husk (PET), ear (PE), husk (PTO), stalk (PTA), leaf sheath (PVA) and leaf (PHO), coefficient of variation (CV),

FV	GL	PFV	PMS	PET	PE	PTO	PTA	PVA	PHO
Repeticiones	1	2913.0**	111.1**	215.5*	70.7*	40.9ns	392.1**	83.1**	115.8*
Cruzas	44	407.2**	17.2**	64.2*	30.8**	13.6ns	104.1**	17.0**	50.9**
ACG	9	1356.0**	51.4**	172.7**	109.4**	14.4ns	380.3**	37.7**	123.2**
ACE	35	163.3*	8.5ns	36.3ns	10.5ns	13.3ns	33.0ns	11.7**	32.4*
Error	44	96.15	8.1	37.7	9.7		27.5	5.5	22.5
Total	89								
CV (%)		10.30	14.39	19.79	27.31	17.6	15.42	18.86	24.55
Media		95.13	19.84	31.04	19.6	11.41	34.01	12.45	19.35

El comportamiento medio de las líneas progenitoras, mostró que P7 (B-32), P8 (B-39) y P9 (B-40), fueron los que integraron el grupo con los valores estadísticamente superiores para PFV y PTA, mientras que para PMS estas mismas líneas además de P2 (L-AN 447) y P10 (CML-319), fueron las que alcanzaron los mayores rendimientos quedando incluidas en el grupo estadísticamente superior. Para PET, las líneas P7, P8, P9 y P10, fueron las que resultaron sobresalientes, mientras que en PE, las líneas P7, P8, P9, P1, P2 y P5, forman el grupo estadísticamente superior. La producción de totomoxtle (PTO) no mostró diferencia significativa entre las líneas. Para PVA, las líneas P7 y P8, fueron las más sobresalientes, mientras que para PHO, solamente P8, resultó ser la más sobresaliente estadísticamente. Las líneas P7, P8 y P9 que se mostraron consistentes en PFV y PMS, los caracteres que más influyen en su expresión

son PET, PE y PTA además, para las líneas P7 y P8, la PVA y para la línea P8, la PHO, tuvieron una contribución significativa (tabla 2).

Tabla 2 Comportamiento medio de las líneas progenitoras. ^ = valores mayores o iguales que ($\mu + 2 \sigma$), μ = media general, σ = desviación estándar, PFV = producción de forraje verde, PMS = producción de materia seca, PET = producción de elote total, PE = producción de elote, PTO = producción de totomoxtle, PTA = producción de tallo, PVA = producción de vaina del tallo de cada hoja, PHO = producción de hoja. Todo en t ha¹.

Table 2. Lines means over all their crosses. ^ = greater values than ($\mu + 2 \sigma$), μ = general mean, σ = standard deviation, fresh mater production (PFV), dry mater (PMS), ear and husk (PET), ear (PE), husk (PTO), stalk (PTA), leaf sheath (PVA) and leaf (PHO),

LÍNEAS	PFV	PMS	PET	PE	PTO	PTA	PVA	PHO
P1	85.32	18.76	28.73	20.18 [^]	8.59	29.05	10.71	16.77
P2	96.36	20.79 [^]	31.92	20.33 [^]	11.58	34.26	11.50	18.62
P3	90.14	18.36	29.24	19.21	10.07	31.26	11.23	18.36
P4	87.50	17.77	27.96	18.91	9.02	31.77	11.62	16.13
P5	91.17	19.33	31.38	20.02 [^]	11.35	32.58	11.63	17.74
P6	86.12	17.88	26.13	17.73	8.40	28.89	13.30	17.73
P7	108.12 [^]	21.35 [^]	34.96 [^]	20.53 [^]	14.42	41.36 [^]	14.00 [^]	22.13
P8	103.74 [^]	22.12 [^]	33.25 [^]	19.83 [^]	13.41	38.96 [^]	14.78 [^]	23.17 [^]
P9	102.53 [^]	20.91 [^]	34.49 [^]	20.11 [^]	14.35	38.92 [^]	12.03	21.52
P10	100.33	21.11 [^]	32.31 [^]	19.36	12.95	33.07	13.58	21.35

Para los efectos de ACG de las líneas progenitoras se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$), en las variables PFV, donde las líneas P7, P8 y P9, tuvieron los valores positivos más elevados; para la variable PMS, solo P8 (B-39), mostró diferencia significativa con el valor positivo más alto; para PET, fue P7 (B-32), el único que se mostró estadísticamente superior; mientras que para PVA, el P7 (B32) y P8 (B39) y para la variable PHO, P8 (B39) quedaron dentro del grupo más sobresaliente con los valores positivos más elevados. También se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.01$), en la variable PTA donde las líneas P7 (B32), P8 (B39) y P9 (B-40), forman el grupo estadísticamente superior; para la variable PE, se encontraron diferencias estadísticas en ambos niveles de probabilidad siendo P7, P9 ($p \leq 0.01$) y P8 ($p \leq 0.05$), los que mostraron los valores positivos más altos; y finalmente en la variable PTO, no hubo diferencias estadísticas, el valor negativo más grande (-2.12) lo mostró la línea P6 (AN-

388 R), el resto de las líneas tuvieron valores tanto positivos como negativos cercanos a cero. La línea P7, que obtuvo el valor más elevado de ACG para PFV, también presenta valores significativos para las variables PET, PE, PTA y PVA, mientras que para P8, las variables PMS, PE, PTA, PVA y PHO, y para P9, las variables PE y PTA, son las que más contribuyen en la manifestación de ACG para PFV (Tabla 3).

Tabla 3 Efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) de 10 líneas de maíz.. * = ($p \leq 0.05$), ** = ($p \leq 0.01$), PFV = producción de forraje verde, PMS = producción de materia seca, PET = producción de elote total, PE = producción de elote, PTO = producción de totomoxtle, PTA = producción de tallo, PVA = producción de vaina del tallo de cada hoja, PHO = producción de hoja.

Table 3. General combining ability (GCA) effects of 10 maize inbred lines. * = ($p \leq 0.05$), ** = ($p \leq 0.01$), fresh mater production (PFV), dry mater (PMS), ear and husk (PET), ear (PE), husk (PTO), stalk (PTA), leaf sheath (PVA) and leaf (PHO).

PADRE	PFV	PMS	PET	PE	PTO	PTA	PVA	PHO
P1	-11.0	-1.21	-2.59	-3.17	0.62	-5.58	-1.94	-2.90
P2	1.38	1.07	0.99	0.19	0.80	0.27	-1.06	-0.82
P3	-5.61	-1.66	-2.02	-1.51	-0.46	-3.09	-1.36	-1.12
P4	-8.59	-2.32	-3.46	-2.69	-0.80	-2.52	-0.91	-3.62
P5	-4.45	-0.56	0.38	-0.07	0.45	-1.60	-0.90	-1.81
P6	-10.1	-2.19	-5.51	-3.39	-2.12	-5.76	0.97	-1.82
P7	14.61*	1.69	4.40*	3.38**	1.02	8.26**	1.75*	3.13
P8	9.68*	2.56*	2.48	2.24*	0.23	5.56**	2.63*	4.29*
P9	8.32*	1.20	3.88	3.29**	0.55	5.52**	-0.46	2.44
P10	5.84	1.43	1.43	1.72	-0.29	-1.05	1.28	2.24

Se observó una amplia variación entre las medias de las cruzas para todas las variables en estudio, en donde se presentan los resultados de las 15 mejores cruzas en base a producción de materia seca (PMS) y Producción de forraje verde (PFV). Para la variable PMS, el grupo estadísticamente superior incluye 20 cruzas, mientras que para PFV, son solamente siete cruzas las que componen este grupo, en general las cruzas mas sobresalientes para PFV, están incluidas en el grupo sobresaliente de PMS. En cuanto a las variables relacionadas con el elote de la planta, para la producción de elote sin totomoxtle (PE), 14 de las 15 cruzas reportadas, quedan incluidas dentro del grupo más sobresaliente estadísticamente; para la producción de elote incluyendo las hojas del totomoxtle (PET), 11 cruzas son las que componen el grupo

estadísticamente superior, mientras que para la producción de totomoxtle (PTO), no hay diferencias significativas entre los híbridos. Para la producción de Tallo (PTA), solo cuatro cruzas forman parte del grupo sobresaliente, mientras que para producción de vaina de las hojas (PVA) y producción de hojas (PHO), son dos y seis cruzas respectivamente las que forman parte del grupo superior estadísticamente. Las cruzas 5x7 y 7x 8, fueron las que obtuvieron las mayores rendimientos en PMS, ambas presentan valores altos para PFV, PET, PE, la cruza 7x8 sobresale además en PTA y PVA. La cruza 2x7, presentó los rendimientos más altos en PFV, donde la mayor contribución se obtuvo de PMS, PET, PE, PTA y PHO (Tabla4).

Tabla 4 Medias de características de las 15 mejores cruzas. ^ = valores mayores que $(\mu + 2\sigma)$, μ = media general, σ = desviación estándar, PFV = producción de forraje verde, PMS = producción de materia seca, PET = producción de elote total, PE = producción de elote, PTO = producción de totomoxtle, PTA = producción de tallo, PVA = producción de vaina, PHO = producción de hoja. Todo en t ha¹.

Table 4. Means of traits evaluated ^ = greater values than $(\mu + 2\sigma)$, μ = general mean, σ = standard deviation, fresh mater production (PFV), dry mater (PMS), ear & husk (PET), ear (PE), husk (PTO), stalk (PTA), leaf sheath (PVA) and leaf (PHO).

CRUZA	PFV	PMS	PET	PE	PTO	PTA	PVA	PHO
5 x 7	125.65 [^]	25.85 [^]	43.05 [^]	25.20 [^]	17.85	43.40	17.25	21.95
7 x 8	117.85 [^]	25.70 [^]	38.05 [^]	20.60 [^]	17.45	47.75 [^]	21.70 [^]	17.35
2 x 8	107.10	24.65 [^]	32.90 [^]	18.90 [^]	14.00	39.90	12.65	21.65
2 x 7	127.05 [^]	24.25 [^]	37.80 [^]	23.45 [^]	14.35	49.00 [^]	13.00	27.25 [^]
6 x 10	105.35	23.90 [^]	28.70	19.60 [^]	9.10	35.70	19.15 [^]	21.80
5 x 8	106.75	23.85 [^]	32.80 [^]	24.85 [^]	12.90	47.55 [^]	11.15	25.10 [^]
8 x 9	107.45 [^]	22.80 [^]	34.20 [^]	21.35 [^]	17.85	44.10 [^]	11.65	22.50 [^]
7 x 9	118.20 [^]	22.70 [^]	40.95 [^]	21.35 [^]	19.60	44.60 [^]	14.40	28.65 [^]
9 x 10	115.85 [^]	22.45 [^]	39.55 [^]	21.35 [^]	18.20	39.20	11.90	25.20 [^]
8 x 10	107.10	22.30 [^]	30.45	16.80	13.65	35.70	15.05	25.90 [^]
2 x 5	98.35	22.30 [^]	36.05 [^]	25.20 [^]	10.85	33.60	10.25	18.45
1 x 10	97.30	22.10 [^]	31.85 [^]	22.05 [^]	9.80	30.80	13.35	21.30
6 x 9	101.50	21.35 [^]	29.05	18.90 [^]	10.15	35.00	15.60	21.85
2 x 10	98.70	21.10 [^]	31.85 [^]	19.25 [^]	12.60	31.85	15.25	19.75
4 x 8	109.20 [^]	20.80 [^]	33.95 [^]	21.70 [^]	12.25	40.60	13.85	20.80

Para los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE), solamente las variables PFV, PVA y PHO, presentaron diferencias significativas. Dentro de las mejores 15 cruzas presentadas, las cruzas 5x7, 2x7, 6x10 y 4x8 para PFV, formaron al grupo estadísticamente superior al ($p \leq 0.01$), para las cruzas 5x7 y 6x10, la variable PVA y para la cruza 2x7 la variable PHO, son las de

mayor contribución; mientras que las cruza 5x8, 9x10, 2x5, 1x10 y 6x9, se incluyen en el grupo superior al ($p \leq 0.05$), para la misma variable, para la cruza 5x8, tanto PVA como PHO, expresan la mayor contribución a PFV. Para la característica PVA, un grupo formado por las cruza 5x7, 7x8, 6x10, 6x9 y 2x10 son estadísticamente superiores al ($p \leq 0.01$), estas cruza además de las cruza 5x8 y 1x10, forman el grupo sobresaliente al ($p \leq 0.05$). Para la característica producción de hojas (PHO), las cruza 2x7, 5x8 y 8x9, son las más sobresalientes estadísticamente al ($p \leq 0.01$), además la cruza 7x9, se incluye en el grupo sobresaliente al ($p \leq 0.05$). El resto de las variables no mostraron diferencia significativa entre las cruza en los valores tanto positivos como negativos (Tabla 5).

Tabla 5 Efectos de Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de cruza. * = ($p \leq 0.05$), ** = ($p \leq 0.01$), PFV = producción de forraje verde, PMS = producción de materia seca, PET = producción de elote total, PE = producción de elote, PTO = producción de totomoxtle, PTA = producción de tallo, PVA = producción de vaina, PHO = producción de hoja.

Table 5. Specific combining ability (ECA) effects of crosses, fresh mater production (PFV), dry mater (PMS), ear and husk (PET), ear (PE), husk (PTO), stalk (PTA), leaf sheath (PVA) and leaf (PHO).

CRUZA	PFV	PMS	PET	PE	PTO	PTA	PVA	PHO
5 x 7	20.35**	4.87	7.21	3.11	4.10	2.72	3.95**	1.27
7 x 8	-1.58	1.59	5.11	2.89	2.21	2.90	4.86**	-5.77**
2 x 8	0.89	1.17	-1.62	0.14	-1.76	0.03	-1.36	-1.17
2 x 7	15.91**	1.64	1.35	-0.64	2.00	6.44	-0.13	5.58**
6 x 10	14.50**	4.82	1.74	-0.64	2.39	8.50	4.44**	2.02
5 x 8	6.38*	2.00	3.88	1.80	2.08	4.72	1.97*	7.86**
8 x 9	-5.69	-0.80	1.78	0.88	0.93	-1.01	-2.96**	6.00**
7 x 9	0.12	-0.04	1.61	1.49	0.15	6.79	0.66	3.72*
8 x 10	-3.56	-1.54	-4.51	-1.74	-2.76	-2.83	-1.31	0.00
9 x 10	6.54*	-9.02	3.18	1.75	1.46	0.71	-1.37	1.15
2 x 5	6.28*	1.95	3.62	-0.69	4.31	0.91	-0.22	1.73
1 x 10	7.35*	2.03	1.96	-0.16	2.08	3.42	1.56*	2.60
6 x 9	8.17*	2.50	-0.35	-1.17	0.85	1.22	2.64**	1.87
2 x 10	-3.66	-1.24	-1.62	-0.73	-0.88	-1.38	2.57**	-1.02
4 x 8	12.97**	0.72	3.88	1.27	2.64	3.53	-0.30	0.77

Los coeficientes de correlación, en general mostraron que las características evaluadas mantuvieron una relación alta y positiva con PFV y PMS al ($p \leq 0.01$), PFV muestra las correlaciones más altas con las variables PTA (0.901), PMS (0.888), PET (0.829), y PTO (0.804), PMS también obtiene los mayores valores de correlación con PET (0.788), PTA (0.781) y PTO

(0.719). La variable producción PET, presenta los valores mas altos de correlación con las características PTO (0.915), PE (0.794) y PTA (0.781). La correlación de las variables PTO y PTA muestra un valor relativamente alto (0.790) las altas correlaciones indican el grado de asociación entre variables, al seleccionar para mejorar cualquiera de las variables también se expresaría en función de PFV y PMS. Solamente PE, no correlaciona con las variables PVA y PHO. Las correlaciones de PVA con PTO, y PHO, muestran una baja correlación, esto indica una baja interdependencia entre estas variables, por lo que posiblemente se tendría avances si se seleccionara a la vez en función de dos variables independientes como PE y PHO, variables que probablemente aportarían a la calidad del forraje (Tabla 6).

Tabla 6 Correlaciones fenotípicas de ocho variables agronómicas evaluadas. * = ($p \leq 0.05$), ** = ($p \leq 0.01$), ns = (no significativo). PFV = producción de forraje verde, PMS = producción de materia seca, PET = producción de elote total, PE = producción de elote, PTO = producción de totomoxtle,

PTA = producción de tallo, PVA = producción de vaina, PHO = producción de hoja.

Table 6. Phenotypic correlations of evaluated traits, fresh mater production (PFV), dry mater (PMS), ear and husk, (PET), ear (PE), husk (PTO), stalk (PTA), leaf sheath (PVA) and leaf (PHO).

	PFV	PMS	PET	PE	PTO	PTA	PVA	PHO
PFV	1.00	0.88**	0.82**	0.59**	0.80**	0.90**	0.56**	0.71**
PMS		1.00	0.78**	0.63**	0.71**	0.78**	0.62**	0.61**
PET			1.00	0.79**	0.91**	0.78**	0.35**	0.47**
PE				1.00	0.48**	0.50**	0.22ns	0.24ns
PTO					1.00	0.79**	0.35*	0.51**
PTA						1.00	0.51**	0.63**
PVA							1.00	0.30*
PHO								1.00

Los valores de varianza aditiva, resultaron más elevados para la mayoría de las variables estudiadas que los valores de las varianzas de dominancia, solo las variables PTO y PVA, resultaron con valores muy similares entre ambas variables, por ende, la varianza aditiva

influyó en mayor proporción a la expresión de la varianza genética. En la manifestación de las varianzas fenotípicas, solamente en las variables PFV y PTA, se encontró mayor aportación de la varianza genética que la varianza del error, para las variables PMS, PE y PVA, la aportación de ambas varianzas es muy similar, mientras que para el resto de las variables (PET, PTO y PHO), la varianza del error es mayor que la varianza genética. El porcentaje de heredabilidad más elevado, tanto en sentido estricto (h^2), como en sentido amplio (H^2), resultó similar en las variables PFV, PTA y PE, en las tres variables la varianza aditiva es la que más contribuyó a la expresión de la varianza genética, esta a la vez en la expresión de la varianza fenotípica. (Tabla 7).

Tabla 7 Componentes de varianza de ocho variables agronómicas. σ_A^2 = Varianza aditiva, σ_D^2 = Varianza de dominancia, σ_G^2 = Varianza genética, σ_E^2 = Varianza del error, σ_P^2 = Varianza fenotípica, h^2 = Heredabilidad en sentido estricto, H^2 = Heredabilidad en sentido amplio, PFV = Producción de forraje verde, PMS = producción de materia seca, PET = producción de elote total, PE = producción de elote, PTO = producción de totomoxtle, PTA = producción de tallo, PVA = producción de vaina, PHO = producción de hoja.

Table 7 Variance components of eight traits. σ_A^2 = additive variance σ_D^2 = dominance variance, σ_G^2 = genetic variance, σ_E^2 = error variance, σ_P^2 = phenotypic variance, h^2 = narrow sense heritability, H^2 = wide heritability, fresh mater production (PFV), dry mater (PMS), ear and husk (PET), ear (PE), husk (PTO), stalk (PTA), leaf sheath (PVA) and leaf (PHO)

VARIABLES	σ_A^2	σ_D^2	σ_G^2	σ_E^2	σ_P^2	h^2	H^2
P F V	149.08	33.57	182.65	96.15	278.8	53.47	65.51
P M S	5.36	0.18	5.54	8.15	13.69	39.15	40.46
P E T	17.04	0.68	17.73	37.74	55.47	30.71	31.96
P E	12.36	0.42	12.79	11.98	24.77	49.89	51.63
P T O	0.13	0.70	0.83	9.72	10.55	1.23	7.86
P T A	43.41	2.77	46.19	27.51	73.7	58.90	62.67
P V A	3.25	3.11	6.36	5.50	11.86	27.40	53.62
P H O	11.34	4.91	16.25	22.58	38.83	29.20	41.84

La mayoría de los componentes genéticos, mostraron una alta y significativa correlación entre la varianza aditiva (σ_A^2), la varianza de dominancia (σ_D^2), la varianza genética (σ_G^2), la

varianza del error (σ_E^2) y la varianza fenotípica (σ_P^2), las correlaciones entre estas varianzas, están con valores muy cercanos a la unidad. La varianza fenotípica, tiene una correlación altamente significativa con las varianzas aditivas, de dominancia y del error, este efecto quizá se explique por la fuerte dependencia que tienen las tres, de la misma manera la varianza aditiva tiene una correlación altamente significativa con la varianza de dominancia y ambas con la varianza genotípica. Las heredabilidad (H^2) y (h^2) no correlacionan con las varianzas, mientras que entre ellas guardan una estrecha relación. El grado de dominancia no correlaciona con las varianzas ni con la heredabilidad (H^2) y (h^2) (tabla 8).

Tabla 8 Correlación de los componentes genéticos σ_A^2 = Varianza aditiva, σ_D^2 = Varianza de dominancia, σ_G^2 = Varianza genética, σ_E^2 = Varianza del error, σ_P^2 = Varianza fenotípica, h^2 = Heredabilidad en sentido estricto H^2 = Heredabilidad en sentido amplio y * = ($p \leq 0.05$), ** = ($p \leq 0.01$), ns = (no significativo).

Table 8 Genetic components correlations σ_A^2 = additive variance σ_D^2 = dominance variance, σ_G^2 = genetic variance, σ_E^2 = error variance, σ_P^2 = phenotypic variance, h^2 = narrow sense heritability, H^2 = wide heritability* = ($p \leq 0.05$), ** = ($p \leq 0.01$), ns = (no significant).

	σ_A^2	σ_D^2	σ_G^2	σ_E^2	σ_P^2	h^2	H^2	d
σ_A^2	1	0.96**	0.99**	0.95**	0.99**	0.54ns	0.58ns	-0.12ns
σ_D^2		1	0.97**	0.92**	0.96**	0.37ns	0.50ns	-0.02ns
σ_G^2			1	0.95**	0.99**	0.51ns	0.57ns	-0.11ns
σ_E^2				1	0.98**	0.44ns	0.44ns	-0.22ns
σ_P^2					1	0.49ns	0.53ns	-0.14ns
h^2						1	0.89**	0.10ns
H^2							1	0.31ns
D								1

DISCUSION

El comportamiento diferencial de las variables PFV, PMS, PE, PTA, PVA, PHO Y PET a través de las cruzas de prueba desarrolladas es atribuible a la gran diversidad genética

prevaliente en las líneas progenitoras producto de su origen genético heterogéneo; lo cual ha sido también determinado por otros autores (De La Rosa, *et al.* 1999; Soengas, *et al.*, 2003; De La Cruz, *et al.* 2005). De igual manera Moreno *et al.* (2002), identificaron híbridos de maíz de alto rendimiento como resultado de la alta variabilidad genética entre las poblaciones de donde se derivaron las líneas y a la diversidad genética entre las líneas probadoras. La presencia de coeficientes de variación aceptables (CV = 10.3 y 14.3%) en las variables PFV y PMS, indicaron una precisión mayor en su muestreo; no así en las variables PE, PET, PHO y PVA las cuales presentaron una mayor complejidad de su manejo (Kang, *et al.*, 1999; Peña, *et al.*, 2003). Las medias generales para cada variable, indicaron que al obtenerse un rendimiento de 95 t de forraje verde, el peso del tallo con espiga, el peso de la mazorca con totomoxtle y el peso de las hojas y vainas del tallo, contribuyeron con una tercera parte cada una, del peso verde total aproximadamente, mientras que Amador y Boschini (2000), obtuvieron 92 t de forraje verde con el 63% de tallos y espigas, 15% de mazorca y 16% de hojas. Por otra parte Gutiérrez *et al.* (2004), con híbridos de maíz adaptados a esta región, obtuvieron rendimientos similares a los encontrados en este estudio en cuanto a la producción de materia seca.

La contribución a la varianza de las cruzas para la mayoría de los tratamientos, es atribuible a los efectos aditivos (ACG). La presencia de diferencias en la expresión de la ACG para los caracteres determinantes para la expresión del rendimiento como son PFV y PMS, al expresarse aproximadamente seis y ocho veces superior a los valores de ACE, no coincidió con lo reportado por De La Cruz, *et al.* (2005), quienes encontraron diferencias significativas para ACE y no significativas para ACG. Sin embargo, De La Rosa, *et al.* (2000), reportaron diferencias significativas para ambas fuentes de variación ACG y ACE. La presencia de variabilidad genética encontrada en función de la ACG y ACE en la mayoría de las variables (PET, PE, PTA, PVA Y PHO) señala la necesidad de continuar con el mejoramiento de estos componentes principales

del rendimiento para una mayor expresión de PFV y PMS. Esta variación genética, indica la posibilidad de producir variedades sintéticas, iniciar proyectos de selección recurrente con estos sintéticos, derivar nuevas líneas, mejorar las líneas ya existentes y seleccionar híbridos cada vez más rendidores. Además, deberá también analizarse la calidad del forraje para elote, tallos, hojas y vainas del tallo de cada hoja, para maximizar y complementar los avances en la investigación en maíces forrajeros donde se considere el incremento del rendimiento y calidad de la planta y el grano (Moreno-González, *et al.* 2000) y la digestibilidad de las fibras de la parte vegetativa (Clark *et al.* 2002; Lauer *et al.* 2001). Argillier *et al.* (2000), encuentra que la ACG de las líneas, es la fuente de variación más importante para características de digestibilidad del forraje del maíz, lo que refuerza la idea de seleccionar para rendimiento y calidad del forraje.

Las líneas progenitoras P8, P7, P10, P9 y P2 resultaron con los valores promedio más altos para la variable PMS. La variable PFV, manifestó su mayor expresión a través de los progenitores P7, P8 y P9. Por otra parte, las variables PTA, PET, PHO y PVA, en este orden, son las que más contribuyeron a la expresión del rendimiento del forraje verde PFV y por consiguiente a la producción de materia seca, (Amador y Boschini, 2000). La variabilidad mostrada por los valores de PHO y PVA, ayudarían a seleccionar híbridos con mayor cantidad de hojas, característica que esta llamando la atención en la formación de idiotipos de maíz forrajero (Lauer *et al.* 2001).

Las líneas con los valores más altos de ACG fueron los obtenidos por los progenitores P7, P8 y P9, para todas las variables estudiadas. Las cruzas con mejores rendimientos tanto en PFV, como de PMS fueron: 5x7, 7x8, 2x7, 7x9, 9x10, 4x8 y 8x9. Las variables que más contribuyeron a la expresión de PFV y PMS fueron: PET, PE, PTA, PHO y PVA. Las líneas que más participaron en las cruzas sobresalientes fueron: P7 en cuatro eventos, P8 y P9 en tres eventos; el resto de los progenitores apareció una solo vez. Estas líneas que se manifestaron con

mayor frecuencia en los híbridos sobresalientes fueron las que obtuvieron los más altos valores de ACG. No obstante, se encontró que los híbridos más rendidores para PMS y PFV (5x7 y 2x7) provinieron de líneas con valores alto y bajo de ACG, lo cual es un indicativo de que al menos uno de los progenitores de las cruzas más sobresalientes presente altos efectos de ACG (Gutiérrez *et al.*, 2002 y 2004). Las cruzas, de mayor ACE para PFV, fueron 5x7, 2x7, 6x10, 4x8, 5x8, 8x10, 2x5, 1x10 y 6x9; las dos primeras, 5x7 y 2x7, coincidieron con las más rendidoras para PFV y PMS. En general se encontraron líneas con altos valores de ACG como con bajos valores de ACG, incluso con valores negativos, integrando las cruzas con mayor expresión de ACE y rendimiento. Por lo tanto, es factible identificar las mejores combinaciones de líneas en híbridos, para alta productividad, (para ACG), probar y seleccionar combinaciones híbridas únicas donde se expresen altos valores de ACE, aun cuando la alta ACG haya sido la más importante para la identificación de las líneas (Hallauer y Miranda, 1988).

El coeficiente de correlación permitió identificar que la variable PFV, estuvo correlacionada con PTA, PMS, PET, PTO y PHO, mientras que la variable PMS, estuvo asociada con PFV, PET, PTA y PTO, probablemente debido a los efectos múltiples de los genes que manifiestan estos caracteres, aunque el ligamiento genético es otra causa importante para estas correlaciones. El mayor grado de asociación fue encontrado entre PET y PTO. La correlación indica que si mejoramos para elevar la producción de una variable, las variables asociadas con ella, van a ser modificadas en el mismo sentido (selección indirecta). En el caso de los materiales que intervinieron en este estudio, la variación que existe dentro de estas características, permitiría realizar mejoramiento genético para estos caracteres, la abundancia de hojas es una característica que esta llamando la atención a los mejoradores de maíz forrajero, aun más si al realizarse análisis de fibras, estas aportaran a la mayor calidad del forraje (Bal *et al.*, 2000). La mayor heredabilidad en sentido estrecho (h^2) y en sentido amplio (H^2), la observamos en PFV,

PTA, PE y PMS, Chávez (1995), expresa que la heredabilidad se refiere a la capacidad que tienen los caracteres para transmitirse de generación en generación, es decir, que ésta se pueda considerar como el grado de parecido entre los individuos de una generación y la siguiente, por lo que se considera estas serían los caracteres que se trataría de recombinar y seleccionar. En la expresión de la varianza fenotípica (σ_P^2), para PET, PTO y PHO, la varianza del error (σ_E^2), fue la que más contribuyó para la expresión de estas características, por lo complicado del muestreo.

En relación a los componentes genéticos de las variables estudiadas, la mayor contribución fue encontrada en la varianza aditiva (σ_A^2), por lo que se sugiere formar variedades sintéticas heteróticas, seleccionando líneas que se complementen en sus caracteres y que formen poblaciones contrastantes para recombinar y extraer nuevas líneas para formar híbridos superiores, en esquemas de selección recíproca recurrente (Hallauer y Miranda, 1988). Además, incrementar las líneas sobresalientes, analizar y seleccionar para calidad forrajera, para producir híbridos comerciales. De las cruces 5x7 (AN123 x B32), 2x7 (AN447 x B32), 7x8 (B32 x B39) y 9x10 (B40 x CML319), se deberá incrementar sus líneas, para producir las cruces y evaluarlas en parcelas demostrativas apareadas con híbridos comerciales, para que los agricultores las vayan identificando y comparando con los híbridos que normalmente siembran.

LITERATURA CITADA

Anónimo (1988) Introductory guide for personal computers. SAS Institute Inc. Release 6.03 Edition. Cary, NC. SAS. 111p.

Amador RAL, Boschini FC (2000) Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. *Agronomía Mesoamericana* 11(1) 171-177.

Argillier O, Méchin V, Barrière (2000) Inbred line evaluation and breeding for digestibility-related traits in forage maize. *Crop Sci.* 40: 1596-1600.

Bal MA, Shaver RD, Al-Jobeile H, Coors JG, and Lauer JG (2000) Corn silage hybrids effect on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *J Dairy Sci* 83: 2849-2858.

Chávez, A. J. L. 1995. Mejoramiento de Plantas 1. Segunda Edición. Ed. Trillas. México. pp. 136.

Clark PW, Kelm S, Endres MI (2002) Effect of feeding a corn hybrid selected for leafiness as silage or grain to lactating dairy cattle J. dairy Sci. 85: 607-612.

De La Cruz LE, Rodríguez HS, Estrada BMA, Mendoza PJD (2005) Análisis dialélico de líneas de maíz QPM para características forrajeras. Universidad y Ciencia Vol. 21 (41): 19-26

DE La Rosa A, de León H, Martínez G, Rincón F (2000) Heterosis, habilidad combinatoria y diversidad genética en híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.) Agronomía Mesoamericana 11 (1): 113-122

Faz C, R., J. García N., G. Núñez H. (2005) Onceava Demostración Sobre Tecnología para la producción de Maíz, Sorgo, forrajeros y alfalfas. INIFAP. PIAL. Campo Agrícola Experimental La Laguna. Matamoros, Coah. pp 32.

Griffing B. (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9: 463-493.

Gutiérrez del RE, Espinoza BA, Palomo GA, Lozano GJJ y Antuna GO (2004) Aptitud combinatoria de híbridos comerciales de maíz para La Comarca Lagunera. Rev. Fitotec. Méx. Vol. 27 (Num. Especial 1): 7-11.

Gutiérrez del RE, Palomo GA, Espinoza BA y De La Cruz LE (2002) Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en La Comarca Lagunera, México. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 25 (3) 271-277

Hallauer AR y Miranda JB (1988) Quantitative Genetics in maize breeding. Second Ed. Iowa Estate University Press. Ames. USA. 468 p.

Kang SM, Kushairi DA, Zhang Y, and Magari R (1999) Combining ability for rind puncture resistance in maize. Crop Sci. 39: 368-371.

Lauer JG, Coors JG, and Flannery PJ (2001) Forage yield and quality of corn cultivars developed in different Eras. Crop Sci. 41: 1449-1455.

Moreno-Gonzalez J, Martinez I, Brichette I, Lopez A, and Castro P (2000) Breeding potential of European flint and U. S. Corn Belt dent maize populations for forage use. Crop Sci. 40: 1588-1595.

Moreno PE del C, Lewis BD, Cervantes ST, y Torres FJL (2002) Aptitud combinatoria de líneas de maíz de Valles Altos en suelos con alto y bajo contenido de nitrógeno. Rev. Fitotec. Méx. Vol. 25 (3):253-259.

Peña RA, Núñez HG, González CF (2003) Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. *Téc. Pecu. Méx.* 41(1):63-74.

Peña RA, González CF Núñez HG, Jiménez CG (2004) Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. *Rev. Fitotec. Méx.* 27 (Núm. Especial):1-6.

SAGARPA (2005) Avances reportados de siembras y cosechas, superficie sembrada y cosechada, rendimientos y producción. http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comdeagr.htm/

Singh RK, Chaudary BD (1985) *Biometrical Methods in Quantitative Genetics Analysis*. Kalyan Publishers. New Delhi, India. 319pp.

Soengas P, Ordás B, Malvar RA, Revilla P, and Ordás A (2003) Heterotic Patterns among Flint Maize Populations. *Crop Sci.* 43:844-849.

HÍBRIDOS DE MAÍZ PARA EL NORTE CENTRO DE MÉXICO.

(Un Agronegocio con sentido social)

Raúl Wong Romero

RESUMEN

En el área agrícola del norte de México (Durango, Chihuahua, Zacatecas y la Comarca Lagunera) se cultivan aproximadamente 75,000 ha de maíz de riego, en su mayoría con semilla híbrida, cuyos precios oscilan entre \$ 750.00 y \$ 1,200.00 pesos. Se pretende desarrollar híbridos de ciclo intermedio-precoz, rendidores, con características agronómicas deseables y precios bajos (entre \$450.00 y \$600.00 pesos). La demanda generalizada de productos y servicios de mayor calidad, a los mejores precios, ayudaría a incrementar la competitividad en el sector agropecuario. Se desea iniciar una microempresa agropecuaria de producción de semillas híbridas de maíz, cuya producción inicial sea de 1000 bolsas, e incrementar el volumen cada año en 1000 bolsas, hasta completar a mediano plazo un volumen de 5000 bolsas, teniendo como meta principal cubrir el 33% del mercado regional (25,000 has). Se estima que el costo de producción por bolsa, será de \$180.00 aproximadamente. Se contara con la estructura completa de una organización y se realizaran las inversiones necesarias para el crecimiento y logro de las metas.

Palabras claves: Híbridos características agronómicas microempresa

SUMMARY

The northern of México harvest land (Durango, Zacatecas, Chihuahua y La Comarca Lagunera) grow 75,000 has with irrigated corn, mostly used hybrids seed, between \$750.00 and \$1,200.00 pesos of costs. We are going to developed maize hybrids with intermediate-early cycle, high yield, good agronomic trails, and low prices (between \$450.00 and \$600.00 pesos). The general demand of quality services and products, and better prices, helps to increase the competitive of farm people. We want to begin a little business, seed corn hybrids production. We will starting with an initial productions of 1,000 bags, and increase this amount each year, until to complete 5,000 bags in five years, we have a main goal in our mind, to sell 25,000 bags, in this marketing field. We are estimating the production bags costs, is about \$180.00 pesos. We are going to have a full organization and we are going to make the required spent to grow and arrive to goals

Key words: Hybrids agronomic trails little business

INTRODUCCIÓN

En el área agrícola del norte de México se siembran aproximadamente 75,000 has de maíz de riego, utilizándose en su mayoría semilla híbrida. Los precios oscilan entre \$ 750.00 y \$1,250.00 pesos la bolsa de 20 kg ó 60,000 semillas. Debido a los altos costos de producción, los bajos precios del producto y los escasos rendimientos, por las condiciones climatológicas y la falta de asistencia técnica, esto junto a la falta de crédito, ha hecho que las siembras de maíz resulten incosteables.

Se pretende desarrollar híbridos de cruza varietales (Espinoza *et al.* 2002), cruza dobles, triples y simples, de ciclo intermedio-precoz, rendidoras, con características agronómicas deseables y bajos precios (entre \$450.00 y \$600.00 pesos) para ponerlas al alcance de todo agricultor. El entorno y las perspectivas económicas y comerciales del país, demandan de las empresas agropecuarias mayor calidad en los productos y servicios y los mejores precios, con la finalidad de ser competitivos en el mercado (Aguilar, 2004). Esta empresa, es una microempresa (Alcaraz, 1995), de carácter agroindustrial ya que contará inicialmente con tres empleados, dedicados a seleccionar, producir, beneficiar y comercializar semilla híbrida de maíz para siembra, ubicada en la ciudad de Torreón, Coahuila con área de influencia en los Estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas y La Comarca Lagunera (Coahuila y Durango).

MISIÓN

La misión de Semillas Híbridas del Norte (posible nombre comercial del negocio-SHN) es: Proporcionar al agricultor semilla híbrida de maíz de calidad, de buen rendimiento (igual o mejor que la que actualmente se comercializa), y características agronómicas adecuadas, para la siembra en la región norte de México, con precios más bajos que las compañías transnacionales, que actualmente comercializan en ésta área.

VISIÓN

Satisfacer necesidades en la producción y el consumo de este producto básico para la siembra, con fundamentos de índole histórica social y económica lo que representa sembrar maíz en México, en las mejores condiciones incluyendo el aspecto de comercialización justa y adecuada.

OBJETIVOS

- Corto plazo.- En el primer año se pretende producir, beneficiar y comercializar 1,000 bolsas de dos híbridos de maíz y manejar dos lotes demostrativos por cada estado, para dar a conocer la marca y empezar a posicionar nuestros productos en el mercado.
- Mediano plazo.- Del segundo al quinto año, se pretende crecer a 1,000 bolsas por año hasta llegar a comercializar 5,000 bolsas anuales.
- Largo plazo.- Contar con la infraestructura suficiente para manejar los productos necesarios para poder abastecer una tercera parte del mercado de esta zona (25,000 has.).

Ventajas competitivas

- Conocimiento de la zona
- Conocimiento de los agricultores
- Contactos con los acopiadores de cosecha
- Contactos con las harineras (MASECA, MINSA, etc.)
- Híbridos rendidores y de buenas características agronómicas
- Precios accesibles

Estrategias

- Las empresas semilleras comercializan en esta zona híbridos de maíz que fueron seleccionados para otras áreas. La empresa desarrollaría, produciría y vendería sólo híbridos seleccionados en el área de influencia.
- Conocimiento y la experiencia adecuados para la realización del proyecto
- Precios justos y equitativos muy por debajo de la competencia.
- Servicio y atención técnica personalizada a través de buffet de asesorías
- Contratos de producción y comercialización

ANALISIS DE LA INDUSTRIA

Según datos del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), se producen cada año 50,000 toneladas de semilla de maíz (Chávez, 2003), esto traducido a bolsas de 20 kg o de 60,000 semillas serían aproximadamente 2'500,000 bolsas, se ha observado en los últimos años la tendencia a incrementar el numero de plantas por ha, recomendándose hasta

120,000 plantas ha⁻¹ (Reta et al. 2002), en algunas zonas como Sonora, Sinaloa, Chihuahua, y La Laguna.

PRODUCTOS Y SERVICIOS DE LA EMPRESA

El primer año se contará con dos híbridos varietales con las siguientes características agronómicas:

Altura de planta	2.60 m
Altura de mazorca	1.10 m
Días a floración	65
Días a ensilado	100
Rendimiento de silo	60 t/ha
Días a madurez	120
Días a cosecha	140
Rendimiento	8 t/ha
Tipo de grano	semi dentado

El segundo año se tendrían dos híbridos de cruzas dobles o triples formados con líneas elite seleccionadas del programa de investigación, con las mismas características descritas anteriormente con mayor producción y uniformidad.

En años posteriores los híbridos se irán sustituyendo por híbridos mejores, desarrollados por el programa de investigación de la empresa, en un programa continuo de mejoramiento genético, en coordinación con la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna.

APOYOS

- Contador
- Administración
- Abogado
- Agencia de seguros
- Respaldo técnico investigación
- Respaldo técnico producción de semilla
- Respaldo técnico control de calidad
- Diseño e Impresión

COMERCIALIZACIÓN

Una rápida investigación de mercado, nos revela que las necesidades de semillas de maíz en la región Centro Norte de México, se divide de la siguiente manera, maíz para grano 40,000 has, maíz para forraje 30,000 has, en las cuencas lecheras de la Comarca Lagunera (Durango, Coahuila) y Cd. Delicias Chihuahua y maíz para elote 5,000 has, aproximadamente.

En ésta área, encontramos tres niveles de participación en donde están ubicadas las diferentes compañías comercializadoras de semilla de maíz, de acuerdo con los precios de sus productos. (Información verbal de vendedores de la región).

Nivel bajo.- Precios entre \$550.00 y \$650.00 (Quinientos cincuenta pesos y seiscientos cincuenta pesos 00/MN).

Nivel medio.- Precios entre \$650.00 y \$850.00 (seiscientos cincuenta y ochocientos cincuenta pesos 00/MN).

Nivel alto.- Precios entre \$850.00 y \$1,250.00 (ochocientos cincuenta y mil doscientos cincuenta pesos 00/MN)

Casi todos y en especial los niveles medio y alto, comercializan su semilla a través de distribuidores, a los que manejan entre un 18% y 20% de descuento, más un 5% a 7% adicional por pronto pago, más un 3% a 5% adicional por volumen, con el compromiso de parte de los distribuidores de ayudar a las compañías a desarrollar sus nuevos productos y brindar asistencia técnica a los productores, cosa que sucede en casos muy reducidos.

En Semillas Híbridas del Norte se pretende comercializar nuestros productos a través de asociaciones de productores y con contratos de producción y acopio en asociación con compañías harineras del grupo GRUMA, S.A. (MASECA), AGROINSA, etc. brindando asesoría en el manejo del cultivo, obtención del crédito, comercialización, organización de productores, etc. contando con el respaldo de Comisión Nacional del Agua (aval) y crédito del FIRA.

INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN.

El grupo de investigación de la UAAAN-UL a través de los últimos años ha desarrollado híbridos varietales (Espinoza *et al.* 2002) que han tenido muy buena aceptación entre los agricultores de la región, y se han generado líneas sobresalientes que nos proveerán de híbridos simples, dobles y triples (De la Cruz *et al.* 2003 y Amacende, 2000) en los próximos años. Actualmente se encuentran en desarrollo, proyectos de investigación en donde se combinarán líneas de la Universidad con líneas de INIFAP y CIMMYT (Wong *et al.* 2004) para conocer los

componentes genéticos, separar por patrones heterocitos y ensamblar híbridos, con las líneas de mayor Aptitud Combinatoria General (ACG) y específica (ACE), al mismo tiempo se estarán incrementando las líneas para tener la cantidad de semilla suficiente para producir las cruza parentales que serán los progenitores de los híbridos.

Se pretende en el área de producción, iniciar con 1000 bolsas aproximadamente, de dos híbridos varietales de los que hayan salido más sobresalientes (Espinoza *et al.* 2002) o algunos de las combinaciones sobresalientes de este año (Wong *et al.* 2004), también se tratará de negociar con algún convenio con la UAAAN-SALTILLO que cuente con progenitores suficientes para producir esta cantidad de semilla, de híbridos como H423, H424, o algún otro e iniciar con híbridos sobresalientes de líneas.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

Se espera obtener, 150 bolsas de maíz de 20 kg por hectárea. Se sembrarán 4 hectáreas de cada uno de los híbridos, con una relación de seis surcos de hembra por dos de macho, se desespigarán los surcos hembra al momento de la polinización, para que sean fecundados por el polen de los surcos machos, (Chávez, 1995).

Después de la polinización, se cortarán los surcos machos, para que al momento de la cosecha sea sólo semilla híbrida de las hembras polinizadas por el macho lo que se coseche, y una vez cosechado, cuando la humedad, este al 13% aproximadamente, se procederá a encostalar y almacenar para conservarla de esa manera hasta el momento de que vaya a ser beneficiada, es decir, limpiada, cribada, separada por forma (planos y bolas) y por tamaños (grandes, medios y chicos) (Mayer *et al.* 1982), tratada con insecticida y fungicida, pintada y embolsada, en bolsas de 20 kg ó 60,000 semillas y así quedar lista para su distribución y venta.

El proceso de producción se lleva a cabo en dos etapas, la producción en campo y el acondicionamiento en la bodega. A continuación se presenta la serie de actividades y costos aproximados de las dos etapas.

COSTOS DE PRODUCCIÓN/ HA, EN CAMPO (FIRA, 2004)

Labores	No. De veces	Unidades	Costo \$
Preparación del terreno			
Barbecho	1		550.00
Rastreo	2		600.00
Nivelación	1		2,000.00
Bordeo	1		300.00
Siembra			
Semilla de maíz	1	70,000 sem/ha	950.00
Siembra y fertilización	1		300.00
Fertilizantes			
Fosfato Diamonico	1	130	565.00
Urea	1	250	955.00
Cloruro de Potasio		100	275.00
k-mag		50	137.00
Labores culturales			
1er escarda/2ª fertilización			300.00
2ª escarda			300.00
Control de malezas			
Herbicida preemergente	1	L	160.00
“ postemergente	1	L	85.00
Plagas y enfermedades			
Insecticida (Lorsban)	1	L	425.00
Riegos			
1 presiembra/ auxilio 6	7		450.00
Mantenimiento de equipo			100.00

Desespigues		
Mano de obra		5,000.00
Cosecha		
Trilla		1,000.00
Encostalado		3,000.00
Diversos		
Seguro agrícola		500.00
Asistencia técnica		1,000.00
Combustible		2,000.00
	SUBTOTAL	20,952.00

COSTOS DE ACONDICIONAMIENTO EN BODEGA

Insecticida K-OBIOL	\$700.00 litro	60 ml t ⁻¹	3 t ha ⁻¹	\$ 150.00
Fungicida Captan	72.00 kg	1kg t ⁻¹	“	216.00
Rodamina	213.00 kg	2kg t ⁻¹	“	1,278.00
Maquila	900.00 t		“	2,700.00
Bolsas	6.00 c/u	50 t ⁻¹	“	900.00
Etiquetas	1.00 c/u	50 t ⁻¹	“	150.00
Fletes	300.00 t ⁻¹		“	900.00
			SUBTOTAL	\$ 6,295.00

Costo de campo	3 t ha ⁻¹	\$ 20,952.00
Costo de acondicionamiento	“	6,295.00

COSTO TOTAL POR HECTÁREA \$ 27,247.00 Por 150 bolsas

Costo de producción por bolsa	\$ 181.50
Precio publico por bolsa	600.00
Diferencia	418.50

En caso de tener que comprar los progenitores el costo de la semilla por bolsa es \$ 40.00

$$418.50 - 40.00 = 378.50$$

No se considero el costo del SNICS para producir semilla certificada, pues en un principio se pensó en manejar semilla verificada, a medida que se incremente la operativa se cambiara a semilla híbrida certificada. También es posible que desde un principio se contrate con el SNICS para que el lote de producción este considerado como semilla certificada.

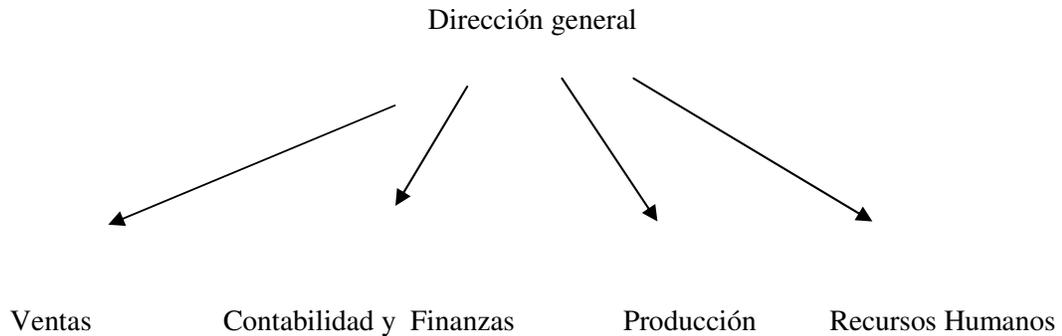
Al incrementar el volumen de ventas algunos de estos gastos, se convertirán en inversiones de infraestructura como:

BODEGA
LABORATORIO
EQUIPO DE PROCESO
LIMPIADORA
CRIBADORA
SELECCIONADOR DE TAMAÑOS
COSEDORAS
TRATADORA
EQUIPO DE TRASPORTE
EQUIPO DE OFICINA
MAQUINARIA AGRICOLA
ETC.

ORGANIZACIÓN

En el área organizacional, se buscará establecer una distribución adecuada de funciones, actividades y responsabilidades de modo que se facilite el trabajo en equipo y el cumplimiento de los objetivos en todas las áreas de la empresa (Anzola, 1993). Al principio se contará sólo con tres empleados de sueldo módico hasta que se hayan generado las ganancias necesarias para asignarnos un sueldo decoroso e iniciar las inversiones necesarias de infraestructura para el buen desarrollo de la empresa. Se contratará los servicios de un despacho contable para que lleve la contabilidad y las finanzas, con un sueldo máximo de \$500.00 mensuales mismo que podrá irse

actualizando conforme se avance en la consecución de las metas. El organigrama inicial quedará de la siguiente manera:



El personal de ventas se encargará de visitar clientes y negociar con asociaciones de productores la promoción y venta de nuestros híbridos, así como el establecimiento de parcelas demostrativas de nuestros híbridos comerciales y experimentales en comparación con los de la competencia.

El personal de producción, realizará el proceso de la producción tanto en campo como en la planta de beneficio, lo más eficiente posible, con todo cuidado para evitar errores que puedan disminuir la calidad de nuestros productos.

El personal que se encargará de la contabilidad será un persona externa de un despacho contable a la cual se le llevaran datos, notas, facturas de ventas, gastos, precios, etc. para que se encargue de realizar la contabilidad de la empresa, además de todos los tramites legales ante la SHCP, balances, estados de resultados y demás estados financieros para conocer el estado de nuestra empresa y vigilar que todo marche bien.

Recursos Humanos se encargará de las necesidades de contrataciones de nuevos empleados, reclutamiento, selección, inducción, capacitación y desarrollo personal, así como la administración de sueldos y salarios, evaluación de desempeño y relaciones de trabajo.

Políticas operativas de la empresa

- a) Habrá mucha comunicación entre los integrantes de la empresa para conocer todas las opiniones, percatarse de errores, crecer y mejorar la calidad de nuestra empresa
- b) Los conflictos que surjan se deberán resolver con calma y sin agresión alguna, para poder llegar a la mejor solución, y no agrandar el problema.
- c) La honestidad y el respeto serán los valores primordiales.
- d) Actitud positiva y optimista diaria

- e) Buena atención y servicio a los clientes
- f) Prohibido el comportamiento infantil, peleas entre empleados y todo tipo de conductas perjudiciales para la empresa
- g) Cuidado y mantenimiento de utensilios y herramientas de la empresa.

FINANZAS

El sistema contable de la empresa es una herramienta muy útil y práctica que facilita la toma de decisiones y mantiene un monitoreo constante de las operaciones y salud financiera de la empresa, es un proceso para llevar ordenadamente, las cuentas de la empresa, estar informado de la situación actual de la misma y buscar alternativas atractivas que nos permitan aumentar la expectativa de ganancias, debe de poseer objetivos claros y concretos. La información deberá ser útil, confiable y comprensible que sirva de base para la toma de decisiones. (Romero, 1995)

Objetivo general:

Llevar ordenadamente las cuentas de la empresa. Estar informados de cuál es la situación de la misma y buscar alternativas atractivas de ahorro en costos y/o gastos para hacer más atractiva y rentable la operación

Objetivos a corto plazo:

Determinar el flujo de efectivo para iniciar operaciones de producción. Determinar costos, así como gastos variables y fijos, capital necesario, créditos y aportaciones requeridas. Establecer las entradas y salidas de efectivo, evaluar el proyecto con los indicadores financieros y establecer sistemas de financiamiento. Se espera que al finalizar el primer año de actividades la utilidad neta obtenida sea entre \$180,000.00 y \$220,000.00 de acuerdo a la inversión.

Objetivos a mediano plazo:

Realizar proyecciones de flujo de efectivo, así como estados financieros (estados de resultados y balance general). Evaluar la operación con los indicadores financieros y duplicar la operativa y las ganancias en los próximos 5 años.

Objetivos a largo plazo:

Dar continuidad a los sistemas financieros y a las proyecciones de flujo de efectivo y estados financieros, continuar con la evaluación de los indicadores y seguir aumentando las ganancias y hacer inversiones que ayuden en el crecimiento de la empresa y logro de las metas establecidas.

Algunos indicadores financieros de uso práctico y común son:

- Índice de liquidez
- Prueba del ácido
- Capital de trabajo
- Razones de endeudamiento
- Razones de eficiencia y operación (rotación de activos, de inventarios, etc.)
- Rentabilidad (sobre ventas, activos, capital, etc.)
- Punto de equilibrio
- Valor presente neto
- Tasa interna de retorno

y estos se irán aplicando conforme lo permita el desarrollo y crecimiento de la empresa.

PLAN DE TRABAJO

A continuación se desglosan las actividades y fechas en que se realizarán:

1. Localización de terrenos para siembra	Enero-Abril
2. Elaboración de presupuestos	Enero
3. Establecer necesidades de mano de obra	Enero
4. Preparación de tierras	Mayo
5. Preparación de progenitores	Mayo
6. Compra de Insecticidas y fertilizantes	Mayo
7. Siembra de Lotes Demostrativos	Marzo-Julio
8. Siembra de Lotes de Producción	Junio-Julio
9. Labores culturales	Julio- Agosto
10. Riegos	Todo el Ciclo
11. Etiquetar Machos	Inicio de Flor.
12. Desespigues	En Floración
13. Inspección Intensa	En Floración

14. Tumar Machos	Después de Flor
15. Cosecha (Al 13% de humedad)	Diciembre
16. Encostalar y Almacenar	Diciembre
17. Comprar Bolsas (Empaque de la semilla)	Octubre
18. Diseñar Etiquetas	Noviembre
19. Acondicionar Área de trabajo	Enero
20. Compra de Equipo para Acondicionamiento de semilla	Enero
21. Entrenamiento de trabajadores	Enero
22. Determinación de políticas de inventarios	Enero
23. Limpiar y Cribar	Enero-Febrero
24. Seleccionar y tratar	Enero-Febrero
25. Embolsar y Etiquetar	Enero-Febrero
26. Vender	Marzo-Julio
27. Proceso Contable	Continuo
28. Revisión de objetivos	Continuo
29. Prepararse para el próximo ciclo	Continuo
30. Etc.	

CONCLUSIÓN

El proyecto es viable, de rápida recuperación de la inversión, altos márgenes de ganancias y fácil de implementar.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, V. Alfredo. 2004. Administración de agronegocios y disciplinas afines. Torreón Coahuila. Primera Edición UAAAN-UAL-SOMEXAA. p 276
- Alcaraz, R. Rafael. 1995. El emprendedor de éxito. Guía de planes de negocios. Edit Mc Graw Hill. pp. 10.
- Amacende, L. S., 2000. Estimación de componentes genéticos en un patrón Heterótico de maíz (*Zea mays*. L.), bajo el diseño II de Carolina del norte. Tesis de Maestría UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.

- Anzola, R. Sérvulo. 1993. Administración de pequeñas empresas. Edit. Mc Graw Hill
pp. 51 – 73.
- Chávez, A. J.L. 1995 Mejoramiento de Plantas 2: Métodos específicos de plantas alógamas.
México. Edit. TRILLAS-UAAAN.
- Chávez, B. José Manuel. 2003. Ley sobre Producción, Certificación y Comercio de semillas.
SNICS. IV Reunión Nacional sobre Producción de semillas en
México. CP Montecillo, Edo. De México. 12-14 nov. 2003
- De La Cruz, L. E., E. Gutiérrez Del R., A. Palomo G., S. Rodríguez H. 2003. Aptitud
Combinatoria y heterosis de líneas de Maíz en La Comarca Lagunera.
Rev. Fitotec. Méx. 26(4): 279-284.
- Espinoza, B.A., E. Gutiérrez Del R., J. J., Lozano G., A.Palomo G. 2002. Aptitud
Combinatoria y Heterosis en cruza intervarietales en maíz Forrajero.
Fitogenética Inteligente Aplicada a la Producción. Congreso Nacional
de Fitogenética. 1-5 Septiembre. Saltillo, Coahuila, México.
- Meyer, M. R., Paltrinieri, G., Berlijn, J. D., 1982. Elaboración de productos agrícolas.
Manual para Educación Agropecuaria. Área Industrias rurales. Edit.
SEP/TRILLAS
- Reta, S. D., Carrillo, J. S., Gaytán, M. A., Castro, M. E., Cueto, W. J. A. 2002. Guía Para
cultivar maíz forrajero en surcos estrechos. Folleto de Productores
Núm. 5. INIFAP-CIRNOC-CELALA. Matamoros, Coahuila, México.
- Romero, L. J., 1955. Principios de Contabilidad. Edit. Mc Grow Hill pp. 15-16
- Wong, R R., E. Gutiérrez Del R. 2004. Formación de híbridos simples
de maíz para grano y forraje adaptados al Norte de México.
Proyecto de investigación doctoral. UAAAN-UL.

LITERATURA CITADA

- Amador, R. A. L., y Boschini, F. C. 2000. Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. *Agronomía Mesoamericana* 11(1): 171-177.
- Brauer, H. O. 1983. *Fitogenética Aplicada*. Editorial ELSA. México. 518 p.
- Borlaug N. E. 1999. How to feed the XXI Century? The answer is Science and Technology. *The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*. J. G. Coors and S. Pandey ED.
- Chávez, A. J. L. 1995. *Mejoramiento de Plantas 1. Segunda Edición*. Ed. Trillas. México. pp. 136.
- Clark, P.W., Kelm S., Endres M.I. 2002. Effect of feeding a corn hybrid selected for leafiness as silage or grain to lactating dairy cattle *J. dairy Sci.* 85: 607-612.
- Comstock, R. E. and Robinson, H. F. 1948. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics* 4:254-266.
- De la Cruz, L. L., J. Ron P., J. L. Ramírez D., J. de J. Sánchez G., M. M. Morales R., M. Chuela B., S. A. Hurtado de la P., y S. Mena M. 2003. Heterosis y Aptitud Combinatoria entre híbridos comerciales y germoplasma exótico de maíz en Jalisco, México. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 26 (1): 1-10.
- Dudley, J.W. and Moll, R. H. 1969. Interpretation and use of estimates of heritability and Genetic variances in plant breeding. *Crop Sci.* 3(9):

257-262.

Duvick, D.N. 1992. Genetic contributions to advances in yield of U. S. maize.

Maydica 37: 69-79.

Duvick, D.N. and Cassman, K. G. 1999. Post-green-revolution trends in yield potential of temperate maize in north-central United States. Crop Sci. 39:1622-1630.

Eastmond, A. y Robert, M. L. 1992. Biotecnología y Agroecología: paradigmas opuestos. Agro – ciencia 3: 7-22.

Espinoza, B A., E. Gutiérrez del R., J. J. Lozano G., y A. Palomo. G. 2002. Aptitud Combinatoria y Heterosis en cruza intervarietales en maíz forrajero. XIX Congreso Nacional de Fitogenética. Saltillo, Coahuila, México.

Faz, C. R., J. García N., G. Núñez H. 2005. Onceava Demostración Sobre Tecnología para la producción de Maíz, Sorgo, forrajeros y alfalfas. INIFAP. PIAL.

Geiger, H. H., Seitz G., Melchinger, A. E., Schmidt G. A. 1992. Genotypic correlations in forage maize I. Relationships among yield and quality traits in hybrids. Maydica 37:95-99.

Griffing, B. 1956. A generalized treatment of diallel crosses. Heredity 10:31-50

Griffing, B. (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9: 463-493.

- Gutiérrez, del R. E., A. Espinoza B., A. Palomo G., J. J. Lozano G., O. Antuna G. 2004. Aptitud Combinatoria de Híbridos de maíz para la Comarca Lagunera. Rev. Fitotec. Méx. Vol. 27 (Núm. Especial 1):7-11.
- Gutiérrez, del R.E., A.Palomo G., A.Espinoza B. y E. De La Cruz L. 2002. Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en La Comarca Lagunera, México. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 25 (3) 271-277.
- Hallauer, A. R. 1973. Yield development and population improvement in maize by Reciprocal Full-sib selection. The Egyptian Journal of Genetics and Cytology. Vol 2 (1):84-101.
- Hallauer, A. R. and Eberhart S. A. 1976. Reciprocal full – sib selection. Crop Sci. 10: 315-316.
- Hallauer, A. R. 1973. Hybrid development and population improvement in maize by reciprocal full-sib selection. The Egyptian Journal of Genetic and Cytology. Num. 1 (Vol. 2): 84-101.
- Hallauer, A. R. and Miranda J. B. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. 2^{sd} Ed. Iowa State University Press. Ames. U. S. A. 468 p.
- Jungenheimer, W. R. 1985. Maíz. Variedades mejoradas, método de cultivo y producción de semillas. Editorial LIMUSA. México. P. 841.
- Johnson J. C., Gates R. N., Newton G. L., Wilson, J. P., Chandler, L. D. y Utlely P. R. 1997 Yield, composition and in vitro digestibility of temperate and tropical corn hybrids grow as silage crops planted in summer J Dairy Sci 80:550-557.
- Lamkey, K.L. and Edwards J. W. 1999. Quantitative Genetics of Heterosis. The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. J. G. Coors and

S. Pandey ED.

Márquez, S. F. 1988 Genotecnia Vegetal. Métodos y teoría. Tomo II. AGT

EDITOR, S. A. P.79-84.

Martínez, G. A. 1983 Diseños y análisis de experimentos de cruzas

dialélicas. Segunda edición. Colegio de Postgraduados. Chapingo.

México P 252.

Matzinger, D. F. 1953. Comparison of three types of tester for the evaluation

of inbred lines of corn. Agron. J. 45:493-495.

Morales, R. M. M, J. Ron P., L. de La Cruz L., J. J. Sánchez G., J. L. Ramírez

D., S. A. Hurtado de La P., J. S. Espinoza O. 2002. Evaluación de

cruzas entre Poblaciones de maíz adaptadas a Jalisco. XIX Congreso

Nacional de Fitogenética, Saltillo, Coahuila, México.

Núñez, H. G., E. F. Contreras G. Y R. Faz C. 2003. Características

agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje

con alto valor energético. Tec. ECU. Méx. 41:37-48p

Núñez, H. G., E. F. Contreras G., R. Faz C. y R. Herrera. 1999. Selección

de híbridos para obtener mayor rendimiento y alto valor energético

para ensilaje, en: componentes tecnológicos para la producción de

ensilado para maíz y sorgo. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-CELALA. p.

2-6.

Oyervides, G. M., A. R. Hallauer, H. Cortez M. 1985. Evaluation of improved

maize populations of México and the U.S. Corn Belt. Crop Sci. 25:115-

120.

- Peña, R. A., F. González C. G. Núñez H., G. Jiménez C. 2004. Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. Rev. Fitotec. Méx. 27 (Núm. Especial):1-6.
- Peña, R. A., G. Núñez H., F. González C. 2003. Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. Téc. Pecu. Méx. 41(1):63-74.
- Peña, R. A., G. Núñez H. y F. González C. 2002. Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. Tec. Pecu. Méx. 40:215-228
- Phillips, R.L. 1999. Research needs in heroterosis. The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. J. G. Coors and S. Pandey ED.
- Reta, S. D. G., A. Gaytán M., J. S. Carrillo A. 1998. Respuesta del maíz a densidades de población y métodos de siembra. I. Rendimiento y sus componentes. Cienc. Agropecu. FAUNAL. 8:11-16.
- Reta, S. D. G., J. S. Carrillo, A. Gaytán M., E. Castro M., J. A. Cueto W. 2002. Guía para cultivar maíz forrajero en surcos estrechos. INIFAP, CIRNOC, CAELALA. Matamoros, Coahuila, México.
- Rodríguez, H. S.A., R. J. Santana, H. Córdova, N. Vergara, A. J. Lozano, E. M. Medoza y J. J. Bolaños. 2000. Caracteres de importancia para fitomejoramiento del maíz para ensilaje. Memorias del XVIII Congreso Nacional de fitomejoramiento. 148p.
- Ron, P. J. 2000. Evaluación de cruzas con materiales adaptados y exóticos de maíz en el Centro-occidente de México. Híbridos comerciales. XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. Memorias. 131 p.

- Russell, W. A. 1991. Genetic improvement of maize yield. *Adv. Agron.* 46:245-298
- Silva, S. R. 1999. Heredabilidad y correlaciones fenotípicas en líneas avanzadas de trigo. XVII Congreso Nacional SOMEFI. Sociedad Mexicana de Fitogenética 2002. P 246.
- Sprague, G. F. and L. A. Tatum 1942. General versus specific combining ability in single crosses of corn. *J. Amer. Soc. Agron.* 34:923-932
- Troyer, A. F. 1996. Breeding widely adapted, popular maize hybrids. *Euphytica* 92:163-174.
- Vasal, S. K. y H. Córdova O. 1996. Heterosis en maíz: acelerando la tecnología de híbridos de maíz de dos progenitores para el mundo en desarrollo. Curso Internacional de Actualización en Fitomejoramiento y Agricultura Sustentable. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Méx. p. 1-7.
- Vasal, S. K., N. Vergara, y Mc. Lean. 1994. Estrategias en el desarrollo de híbridos tropicales de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 5: 184-189.
- Weatherspoon, J. H. 1970. Comparative yields of single, three-way, and double crosses of maize. *Crop Sci.* 10: 157- 159.

APÉNDICE



REVISTA FITOTECNIA MEXICANA

CARTA DE RECEPCIÓN

7 DICIEMBRE 2005

M.C. RAÚL WONG ROMERO
DEPTO. FITOMEJORAMIENTO
UNIV. AUT. A. ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
PERIFÉRICO Y CARR A SANTA FE
TORREÓN, COAHUILA

Con la presente se hace constar que se ha recibido el manuscrito propuesto para su publicación en la "REVISTA FITOTECNIA MEXICANA" intitulado:

**APTITUD COMBINATORIA DE COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN
LÍNEAS DE MAÍZ PARA GRANO, EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO**

AUTORES: Raúl Wong Romero, Emiliano Gutiérrez del Río, Arturo Palomo Gil, Serg.o Rodríguez Herrera, Hugo Cordova Orellana, Armando Espinoza Banda y J. Jaime Lozano García

Para su evaluación, el manuscrito con clave: RFM/05101, será enviado a dos revisores técnicos y a un editor, cuyo dictamen se hará de su conocimiento tan pronto como esté disponible.

Para que este Comité pueda iniciar dicho proceso es requisito indispensable que nos regrese la forma anexa, debidamente contestada.

Para facilitar la comunicación del caso, le agradeceré que en toda correspondencia relacionada con este manuscrito anote la clave asignada. En adición, es necesario que oportunamente nos avise de cualquier cambio de domicilio, que envíe la correspondencia por correo registrado o por servicio de paquejería especializada y que nos proporcione su número telefónico, de preferencia con fax, y su correo electrónico.

Sin otro particular por el momento, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

A handwritten signature in black ink, appearing to read "V. González", is written over the printed name.

VÍCTOR A. GONZÁLEZ HERNÁNDEZ
Director

Anexo II



REVISTA FITOTECNIA MEXICANA

CARTA DE RECEPCIÓN

31 ENERO 2006

DR. EMILIANO GUTIÉRREZ DEL RÍO
DEPTO. FITOMEJORAMIENTO
UAAAN-UNIDAD LAGUNA
PERIFÉRICO Y CARR. A SANTA FE
TORREÓN, COAH.

Con la presente se hace constar que se ha recibido el manuscrito propuesto para su publicación en la "REVISTA FITOTECNIA MEXICANA" intitulado:

COMPONENTES GENÉTICOS EN HÍBRIDOS COMERCIALES DE MAÍZ DE GRANO, USANDO COMO PROBADORES LÍNEAS ENDOGÁMICAS

AUTORES: Emiliano Gutiérrez del Río, Raúl Wong Romero, Arturo Palomo Gil, Hugo Córdova Orellana, Armando Espinoza Banda

Para su evaluación, el manuscrito con clave: RFM/06009, será enviado a dos revisores técnicos y a un editor, cuyo dictamen se hará de su conocimiento tan pronto como esté disponible.

Para que este Comité pueda iniciar dicho proceso es requisito indispensable que nos regrese la forma anexa, debidamente contestada.

Para facilitar la comunicación del caso, le agradeceré que en toda correspondencia relacionada con este manuscrito anote la clave asignada. En adición, es necesario que oportunamente nos avise de cualquier cambio de domicilio, que envíe la correspondencia por correo registrado o por servicio de paquetería especializada, y que nos proporcione su número telefónico, de preferencia con fax, y su correo electrónico.

Sin otro particular por el momento, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

A handwritten signature in black ink, appearing to read "V. A. González Hernández".

VÍCTOR A. GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

Director

Anexo

Anexo IV



Dirección de Investigación y Posgrado
Secretaría de Servicios Académicos
ciencia.dip@ujat.mx
Teléfono/fax 01.993.3127210

UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
"ESTUDIO EN LA DUDA, ACCIÓN EN LA FE"



Villahermosa, Tabasco. 21 de febrero de 2006

Autor (es): R Wong-Romero, E Gutiérrez-del Río, SA Rodríguez-Herrera, A Palomo-Gil, H Córdova-Orellana, A Espinoza-Banda

Tengo el agrado de comunicar que recibimos copia electrónica del manuscrito:

226UC APTITUD COMBINATORIA Y PARÁMETROS GENÉTICOS DE MAÍZ PARA FORRAJE EN LA
COMARCA LAGUNERA, MÉXICO

Agradecemos el envío del manuscrito para su posible publicación. Reciba un saludo respetuoso.

Atentamente

Dr. Alberto J. Sánchez
Editor

c.p. archivo